técnica

384

associação dos estudantes do instituto superior técnico

janeiro 1969

revista de engenharia

VARÕES DE AÇO DE ALTA RESISTÊNCIA PARA BETÃO ARMADO TIPO A. 40
(«Heliaço» e «SNT 40»)

TENSÕES DE SEGURANÇA
Ra = 2400 kg/cm²
e
Ra = 4000 kg/cm² (SISMOS)

Literatura e Tabelas de Cálculo fornecidas gratuitamente

HELIAÇO, LDA.

R. DE S. JULIÃO, 41, 4.º D. — LISBOA

Tel.: 36 78 17 - 32 37 06 - 36 94 77

UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA

S. A. R. L.

SEDE

Rua de Alexandre Herculano, 244 — PORTO

TELEFONES: 2 76 76 / 77 / 78 / 79 — Est. 90

DELEGAÇÃO

Rua Rosa Araújo, 35 — LISBOA

TEL.: 73 11 81/82/83/84/85/86 - 73 33 33 - 48 491

●

ELECTRICIDADE DO LINDOSO E DAS CENTRAIS DO FREIXO E DA CACHOFARRA

●

A **UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA** distribui, pela mais extensa rede de alta tensão em Portugal (cerca de 2 500 km), energia eléctrica em 70 concelhos, nos distritos de VIANA DO CASTELO, BRAGA, PORTO, AVEIRO, COIMBRA, VISEU, LEIRIA, SETÚBAL e ÉVORA.

CIMENTO SECIL

Fábrica:

Outão — Setúbal

Telef. 228824/5

Escritório:

R. do Comércio, 56-3.º

LISBOA 2

Telef. 328201/2/3

técnica

NÚMERO 384 JANEIRO DE 1969 ANO XLIV VOLUME XXXI PUBLICAÇÃO MENSAL

Corpo Redactorial

João M. Pereira
João Soares Alves
Rui Coutinho Torrinha
Silvério de Sousa Mendes

Editor e Proprietário

Associação dos Estudantes do Instituto Superior Técnico

Redacção e Administração

Avenida Rovisco Pais
Telefone 77 54 49
Lisboa 1

Assinaturas

		5 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	—	70$00	130$00
Ultramar, Brasil e Espanha	—	80$00	140$00
Estrangeiro	—	90$00	150$00

Número avulso — 20$00

Não se publica em Agosto e Setembro.

Os artigos assinados são da exclusiva responsabilidade dos seus autores.

Composto e impresso na Tipografia Jorge Fernandes, Lda. — Rua da Cruz dos Poiais 103 — Lisboa

SUMÁRIO

167 *DELGADO DOMINGOS* — **Evolução e tendências do ensino de engenharia (evolução da engenharia mecânica em Portugal).**
Evolution and tendencies of engineering teaching.

177 *LUÍS MALTEZ* — **Os sistemas no fluxo de informação**
Systems in the flow of information.

185 *MARIA TAVARES CRAVO* — **Actualização dos métodos de análise química.**
Actualisation of chemical clay analysis methods.

201 *MEXIA HEITOR* — **Segurança em relação à deformação de vigas e lajes de betão armado. Tabelas de cálculo.**
Security factor to the deformability of concrete slabs and beams. Calculation tables.

213 *AMÍLCAR DE MELO* — **Tópicos sobre betão pré-esforçado.**
Topics about prestressed concrete.

223 **Do mundo técnico.**
Dois novos equipamentos analíticos — Novos ventiladores tipo helicoidal — Modulómetro electrónico.

212 e 222 **Notas Informativas**
Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional.

Bibliografia

CAPA: Guindaste com colher para manuseamento de carvão — Secil (Outão) — (Construções Metalomecânicas MAGUE).

ÍNDICE ALFABÉTICO DOS ANUNCIANTES

	Pág.
Aguiar & Melo	XXXI
AEG	XV
A. Johnson & Co (Portugal), Ltd.	XXXII
Asea Eléctrica	V
Auto-Lusitânia	2.ª da capa
Cerâmica de Vale de Lobos, Lda.	XXV
Cimento Secil	2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos	VI
Construções Técnicas	XVII
Dial	XXV
Electrotécnicos Reunidos	XII
Electro-Arco, Lda.	II
Empresa de Cimentos de Leiria	XXIX
Empresa Electro Cerâmica	VII
Empresa de Produtos Asfálticos	X
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Lda.	3.ª da capa
Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos	XI
Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações	XVI
Fábrica Portugal	XXVI
Fanafel	XVI
Fássio	XXXIII
Fundações Franki, Lda.	I
Frapil	XXI
Guedes & Almeida, Lda.	VIII
Harker Sumner	XXII
Heliaço	2.ª da capa
INA	XXXIV
I. S. T.	XXXIV
Isola	XXIV
Jayme da Costa, Lda.	XIX
Johann Keller	V
J. F. Azevedo e Silva	IV
J. J. Silva & Irmão	V
J. Roma	VII
MAGUE	XIII
Novobra, Lda.	XXV
Philips	XIV e XXIII
Prisma	XXV
Rotring	XXX
Romar	XX
Siemens	4.ª da capa
Soc. Industrial Metalúrgica	XXXIV
Sociedade Portuguesa Cavan	VI
Somague	XXIV
Sondagens e Fundações A. Cavaco	II
Sondagens Ródio, Lda.	VII
Sopecate	II
Standard Eléctrica	IX
STET	XXVII
União Eléctrica Portuguesa	2.ª da capa
Wild Portugal, Lda.	III

PAVILHÃO DA FEIRA INTERNACIONAL DE LISBOA

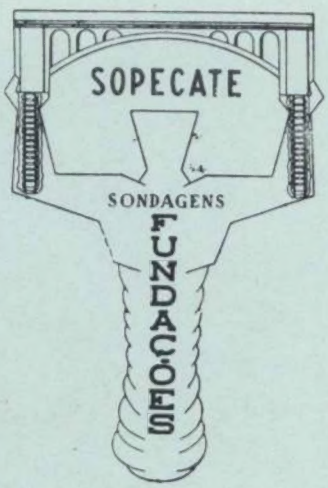
Assente sobre Estacas FRANKI

FUNDAÇÕES FRANKI L.DA

RUA BRAAMCAMP, 13-3.º — LISBOA 1 — TEL. P. P. C. 53 41 12/3/4 — ENDEREÇO TELEGRÁFICO: FRANKI — LISBOA

PRÉDIO SANTOS GIL, 6.º ANDAR — SALA 10 — TEL. 9 11 67 — CAIXA POSTAL 1397

ENDEREÇO TELEGRÁFICO: FRANKI—LOURENÇO MARQUES



sopecate

sondagens - fundações

ESCRITÓRIO: RUA DO ARSENAL 146 2.º TELEFONES 3 40 10 - 32 02 08 LISBOA

• ESTUDOS, PESQUISAS E CAPTAÇÕES DE ÁGUA

• SONDAGENS

• REBAIXAMENTO DE NÍVEIS AQUÍFEROS

• FUNDAÇÕES

SONDAGENS E FUNDAÇÕES A. CAVACO, LDA.

R. RODRIGO DA FONSECA, 62, R/C ESQ. — LISBOA - 1

TELEF. 56 11 71/72/73

ELECTRO-ARCO, L.DA

ELÉCTRODOS ✦ POSTOS ✦ ACESSÓRIOS

PARA A SOLDADURA ELÉCTRICA

*

MATERIAL APROVADO PELOS

LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

BUREAU VERITAS

GERMANISCHER LLOYD

—

LISBOA

Rua Silva Carvalho, 239

Tels. 68 36 49 - 68 48 93

FÁBRICA E LABORATÓRIOS

Venda Nova — Amadora

Tels. 97 06 13 - 97 17 33

PORTO

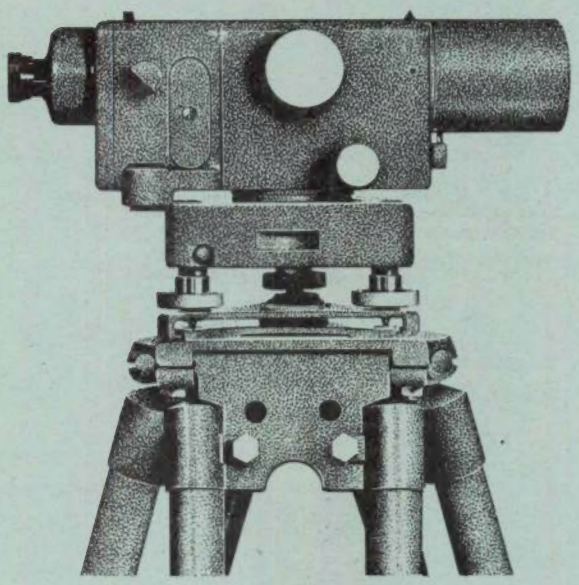
Rua do Bolhão, 216

Tel. 2 12 77 - 39 44 73

O novo Nível automático de engenheiro

WILD NAK 2

com círculo horizontal



WILD
HEERBRUGG

Para nivelamentos de média e grande precisão; com micrómetro de lâmina de faces plano-paralelas para nivelamentos de grande precisão.

Erro médio para 1 Km de nivelamento duplo: ± 1,5 mm

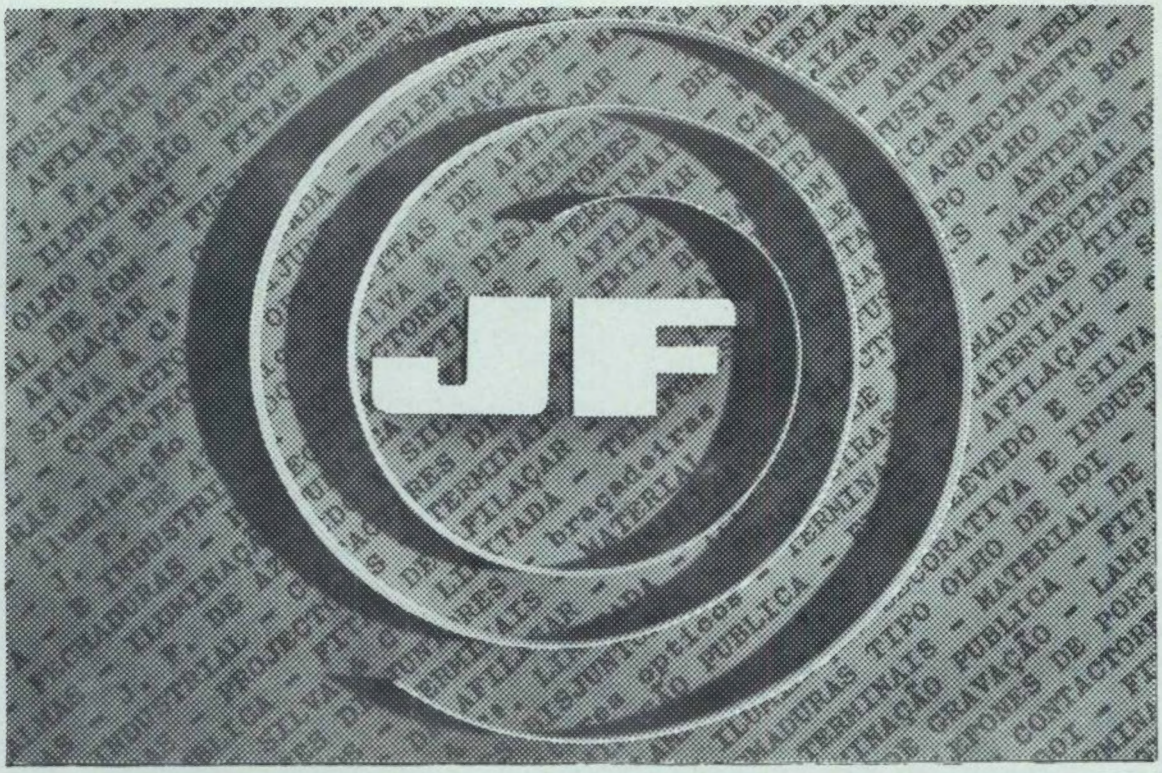
Erro médio para 1 Km de nivelamento duplo com micrómetro: ± 0,4 mm

Luneta de 30 × de aumento com imagem direita de observação

Solicitem catálogo ou demonstração aos representantes exclusivos

WILD PORTUGAL, LDA.

PRAÇA DAS ÁGUAS LIVRES, 8
LISBOA - 2 — TELEFONE 68 91 12



SAUNIER DUVAL	Crompton	DURO TEST	SOLOMEC	LITA	BRUSH	M-TÉ	DIMATEC
ILUMINAÇÃO PÚBLICA	LÂMPADAS INCANDESCENTES E FLUORESCENTES	LÂMPADAS ESPECIAIS	FÚSIVEIS DE A.P.C. E INTERRUPTORES	ILUMINAÇÃO DECORATIVA E INDUSTRIAL	FÚSIVEIS DE A.P.C.	CONTACTORES DISJUNTORES	CANALIZAÇÕES ELÉCTRICAS
SIMEL	SAREL	colson	CLARK	Siroco	elciv	RONIS	Apsco
TERMINAIS E LIGADORES	ARMADURAS TIPO OLHO DE BOI	BRAÇADEIRAS PLÁSTICAS	CALHAS PLÁSTICAS	AQUECIMENTO	ANTENAS	FECHADURAS	MATERIAL DE GRAVAÇÃO EM FITA PLÁSTICA
TAYLOR-HOBSON	HILGER & WATTS	CEJ AB C.E. JOANSSON	HELLERMAN	Klingfast	Baty	Grampian	IRTI
APARELHAGEM DE METROLOGIA	METROLOGIA	PADRÕES E MICRÔMETROS PARA A INDÚSTRIA	FITAS DE AFILAÇAR	FITAS ADESIVAS	PROJECTORES ÓPTICOS E MICRO-INDICADORES	MATERIAL DE SOM	TELEFONES DE PORTA

PROJECTOS	MONTAGENS	PRODUÇÃO
ESTUDO E CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS	EXECUÇÃO E MONTAGEM DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS	CONCEPÇÃO E FABRICO DE QUADROS, CONVECTORES E EQUIPAMENTOS PARA INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

JF

J.F. DE AZEVEDO E SILVA & C.ª L.DA

Rua S. Francisco Sales, 2 Telef. 654165 · Lisboa-1

850 esc.

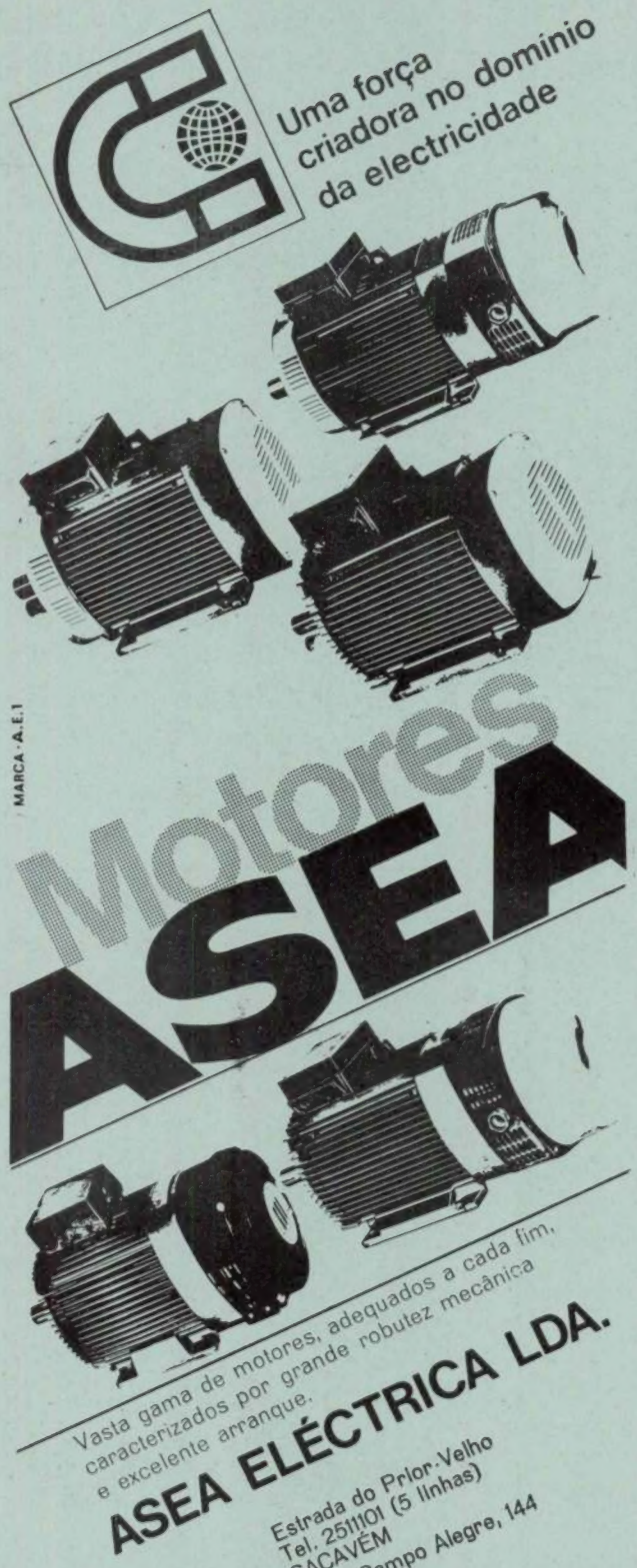
CARACTERÍSTICAS: Tubo de aço, articulado em qualquer posição, várias inclinações, fàcilmente transportável, não ocupa espaço quando fechado, prancheta de 1,20 × 0,80 de madeira, em tela. Pintura de estufa.

Em exposição, outros modelos de madeira e metálicos e todo o material de consumo e equipamento de desenho, escritório e papelaria

Distribuidores exclusivos, em Lisboa, do estirador de ***Fábrica Olaio***

J. J. SILVA & IRMÃO, LDA.

rua silva carvalho 232-b · lisboa · telefone 652750 / 680671



O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 66 61 86 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS
MOSAICOS E AZULEJOS
COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA
MANILHAS PARA ESGOTOS

SOCIEDADE PORTUGUESA
Carvam

RUA D. ESTEFÂNIA, 94-A-LISBOA-1 - TELEF. 47812-50129

• SOLDADURA ELÉCTRICA

• MATERIAL DE PROTECÇÃO

Aparelhagem de medidas eléctricas

- indicadora
- reguladora
- registadora

J. ROMA, L.DA

P. da Figueira, 12, 1.° LISBOA Tel 865151

P. do Município, 309-6.° S 3 PORTO Tel. 0236732

SONDAGENS RÓDIO, L.DA

LISBOA

RUA DE S. BENTO, 644-3.°

Telefones: 68 80 96/7/8 ✦ Telegramas: BETANSOL

RODIO

SONDAGENS GEOLÓGICAS
ESTUDOS GEOTÉCNICOS
ESTACAS GUNITA
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS
CONGELAÇÃO DO TERRENO
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS HIDRÁULICAS
CONSOLIDAÇÃO DE FUNDAÇÕES
ABAIXAMENTO DO LENÇOL DE ÁGUA

—//—

Engenheiro Consultor: **Walter Weyermann**

SEDE L. BARÃO DE QUINTELA, 3-1.° LISBOA
FABRICA-CANDAL-VILA NOVA DE GAIA

EC 61·1

WABCO

WESTINGHOUSE
AIR BRAKE COMPANY

MOTO-SCRAPERS AUTO-CARREGADORES

CAPACIDADE DE 11, 21 E 31 JARDAS CÚBICAS

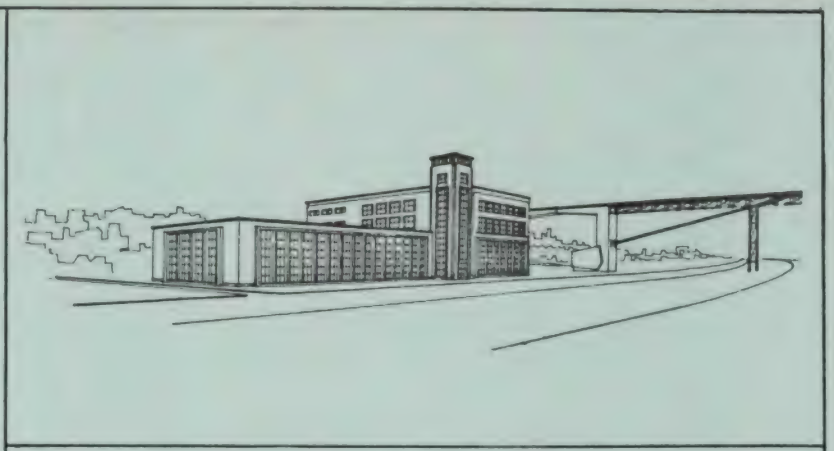
NÃO NECESSITA DE TRACTOR PARA EMPURRE!
UMA SÓ MÁQUINA... UM SÓ OPERADOR...

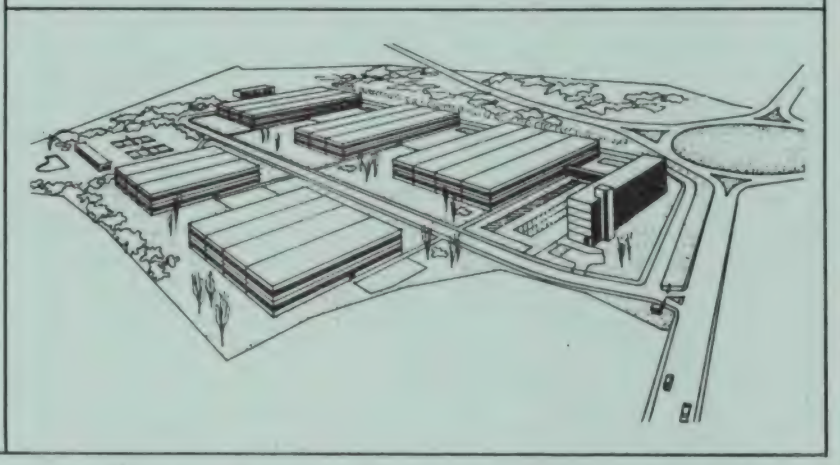
Escarifica... Carrega... Transporta... Descarrega... Em terrenos de toda a natureza!

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO

GUEDES & ALMEIDA LDA.

Rua Áurea, 181-2.º — LISBOA-2 — TELEFS. 32 50 80 e 32 78 45





O CRESCIMENTO COMO FACTOR DE DESENVOLVIMENTO

Tal como as árvores, quando bem cuidadas, criam raízes, crescem, ramificam-se e dão bons frutos, assim as empresas, quando bem dirigidas, definem uma posição, desenvolvem-se, diversificam as suas actividades e lançam nos mercados produtos de alta qualidade.

A Standard Eléctrica, pioneira da indústria das Telecomunicações e Electrónica em Portugal, que em 1932 não dispunha de mais de uma escassa dezena de empregados, conta hoje com mais de 2200 pessoas nas suas fábricas de Lisboa, Cascais e Luanda. O ritmo de crescimento e expansão tem sido de tal modo elevado que o volume de vendas passou de 30 000 contos em 1957 para 300 000 em 1967, prevendo-se que em 1970 a produção total da Standard Eléctrica atinja o valor de 1 500 000 contos, dos quais 1 000 000 se destinam à exportação.

A Standard Eléctrica é, pois, um valor positivo na indústria nacional, que tem como base o elevado nível técnico e profissional e ainda o magnífico esforço de todos os que nela trabalham.

Standard Eléctrica **ITT**

O material mais usado no isolamento térmico das construções

SETH, LDA. · Rua Filipe Folque, 10-1.º · Lisboa · Tel. 53 01 56

PARA COLAGEM DE TACOS DE MADEIRA USE:

EMPRESA DE PRODUTOS ASFÁLTICOS

IMEPA

IMPERMEABILIZADOR

EMPRESA DE PRODUTOS ASFÁLTICOS

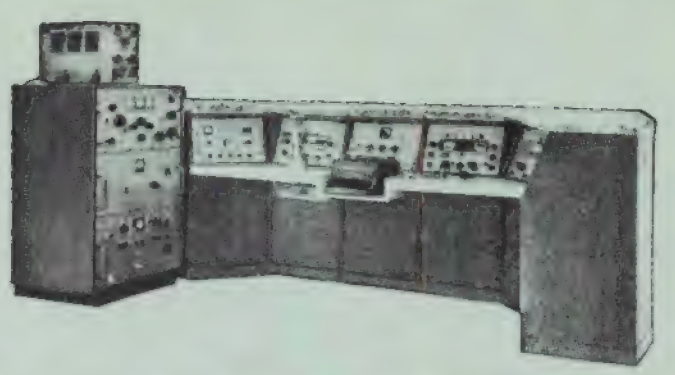
BRANQUEPA

COLAS BRANCAS

Também próprio para: impermeabilizar terrenos, paredes, fundações, etc.

FÁBRICA EM SACAVÉM

RUA FILIPE FOLQUE-10 1º— LISBOA
TELEF. 53 01 56 —TELEG. EPALDA-LISBOA



Comunicações

equipamentos
e sistemas completos

- Cuidadosamente projectados
- Amplamente experimentados
- Completamente integrados

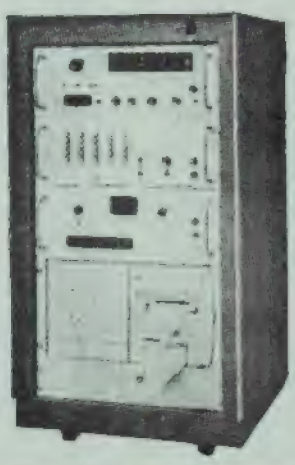
THE TECHNICAL MATERIEL CORPORATION

HEWLETT **PACKARD**

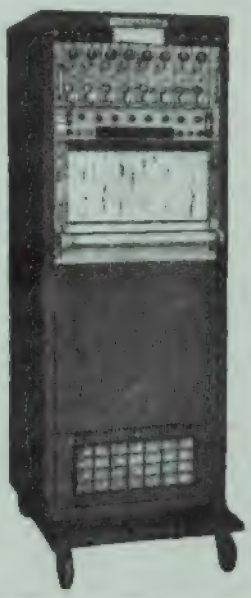
aparelhagem electrónica de medida e registo

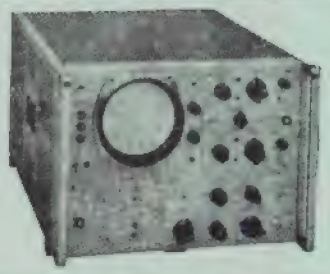
Osciloscópios, Oscilógrafos, Voltímetros electrónicos, Geradores de sinal, Contadores electrónicos, Registadores digitais, Fontes de alimentação

Registador digital Dymec



Registador Sanborn

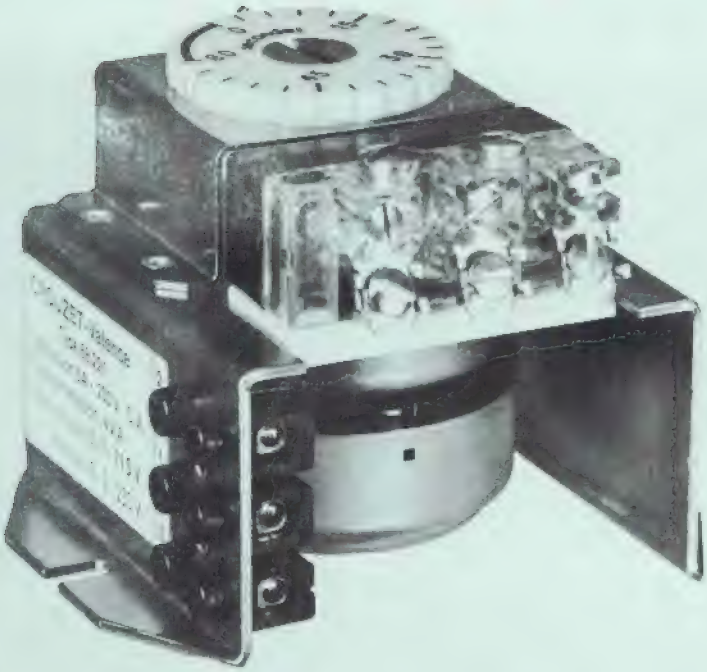




Osciloscópio HP

Contador Electrónico HP

TELECTRA EMPRESA TECNICA DE EQUIPAMENTOS ELECTRICOS, S.A.R.L.



TEMPORIZADOR MINIATURA
CROUZET

O temporizador miniatura Crouzet da série 88 221 é particularmente indicado para aplicações em que o preço e o tamanho são factores importantes.

Apresenta:

- Custo reduzido
- Pequenas dimensões
- Rearme automático
- Gamas de 0,5 a 120 seg.
- Contactos de grande capacidade
- Motor síncrono

ELECTROTÉCNICOS REUNIDOS, LDA.

AV. DUQUE D'AVILA, 66, 3.º TELEF 41161/5

técnica

NUMERO 384 JANEIRO DE 1969 ANO XLIV VOL. XXXI PUBLICAÇÃO MENSAL

C. D. U. 378.1
378.962 (429)

EVOLUÇÃO E TENDÊNCIAS DO ENSINO DE ENGENHARIA
(EVOLUÇÃO DA ENGENHARIA MECÂNICA EM PORTUGAL) (*)

por J. DELGADO DOMINGOS
Professor de Engenharia Mecânica do I.S.T.

RESUMO

Depois de se evidenciar o crescimento da taxa de evolução científica e tecnológica mostra-se a sua influência nas funções tradicionais dos Engenheiros, as suas alterações e os novos domínios de actuação que se lhes abrem. Acentua-se a importância da sua actividade interdisciplinar e do trabalho em «equipe».

Encara-se, seguidamente, a evolução da Engenharia Mecânica em Portugal a qual se considera estreitamente ligada à evolução da própria indústria. Analisam-se sumàriamente as condições actuais do ensino e sugerem-se modificações no âmbito duma reforma.

SYNOPSIS

After the rate growth of the scientific and technological evolution have been put in evidence, its influence on the Engineers traditional functions is shown. The alterations on these functions and the new domains of action opened to them are also shown. The importance of their interdisciplinary activity and of work in «équipe» is stressed.

Then, the evolution of Mechanical Engineering in Portugal is presented. This evolution is considered closely concerned with that of industry itself. The actual conditions of teaching are briefly examined and modifications in the ambit of a reform are suggested.

1 — TENDÊNCIAS ACTUAIS NO MUNDO (**)

É lugar comum afirmar que vivemos numa época de revolução científica e tecnológica.

Pela sua função natural de dirigente e de inovador o engenheiro actual encontra para reflexão, alguns dados como os seguintes:

«Foram necessários 112 anos para passar da descoberta da fotografia à sua aplicação; 56 anos para o telefone e 35 para a rádio, mas apenas 14 anos para a televisão e o radar, 6 para a aplicação industrial da física Nuclear, 5 para o transistor e 3 para os circuitos integrados.»

Sob uma outra perspectiva:

Afirmava recentemente uma autoridade internacional que 70 % dos produtos de consumo são renovados todos os 10 anos. Dos restantes 30 %, metade têm menos de 5 anos de idade. Nos bens de equipamento a taxa de renovação é superior. Basta mencionar os computadores e a aeronáutica para não falar claro está dos foguetões. Como consequência, ou se quisermos, como causa, as próprias técnicas não duram geralmente mais de 10 anos, e nas indústrias de ponta o tempo útil

(*) Palestra integrada na «3.ª Semana de Engenharia Mecânica» organizada pelos alunos finalistas de Engenharia Mecânica do I.S.T.

(**) Este capítulo é fundamentalmente baseado nas comunicações apresentadas na 1.ª Conferência Internacional sobre as «Tendências do Ensino e da formação dos Engenheiros» realizado em Paris de 9-13 de Dezembro de 1968 sob a égide do U. N. E. S. C. O. Em particular, foi largamente utilizado o documento base preparado pelo Secretariado.

é de 5 a 3 anos. Nessas indústrias de ponta, metade dos produtos que ela lançará no mercado nos próximos 10 anos são actualmente desconhecidos.

Esta rápida evolução, fruto do trabalho de cientistas e engenheiros, não pode surpreendermo-nos se nos lembrarmos que 80 % de todos os homens que contribuiram para a ciência vivem ainda actualmente.

* * *

As profissões tradicionais sofrem já as consequências das transformações do Mundo onde nos encontramos. A profissão de Engenheiro não é poupada por este fenómeno; pelo contrário, sendo um dos responsáveis podem desde já notar-se, ou antecipar-se, algumas das evoluções sucessivas às quais ele deverá submeter-se. Pode mesmo ir-se mais longe e perguntar se o desenvolvimento da automação assim como o da utilização das matemáticas e das ciências exactas não vai mudar profundamente os sectores tradicionais da intervenção do engenheiro ao ponto de pôr em causa a noção mesma do termo. Com efeito, hoje em dia, o produto fabricado é cada vez menos tocado por mãos humanas. Dentro em breve serão apenas acessíveis os botões de comando geral da máquina de produção e os painéis avisadores do seu bom funcionamento ou das suas avarias. Os computadores tendem a fornecer os elementos que permitem tomar uma decisão relativa ao modo de realização, à quantidade e à duração da produção. Como consequência, o engenheiro de fabricação estará cada vez menos ligado directamente à produção; o papel activo e prático que o caracteriza diminuirá de importância e ele será substituido progressivamente por técnicos de formação essencialmente concreta, mas bastante para o nível de funções que lhe serão confiadas.

As fronteiras entre o engenheiro de concepção e o engenheiro de fabricação que já são pouco marcadas sê-lo-ão cada vez menos — o papel do Engenheiro de Fabricação consistindo cada vez mais em detectar os problemas que conduzem a perturbações na produção do que pròpriamente a resolvê-los ao nível de oficina. As suas funções de comando diminuem igualmente, mas o seu papel de formador ganha importância. Ele deverá além disso favorecer as permutas de informação e o diálogo no interior da empresa.

À medida que o engenheiro se afasta do seu trabalho de base as suas responsabilidades aumentam de tal maneira que ele não pode mais trabalhar isoladamente.

O trabalho de equipa torna-se desde já regra. A interdependência e a complementaridade das funções cada vez se generalizam mais.

O engenheiro deverá pois, ter conhecimentos dum nível muito mais elevado devido às ligações orgânicas que introduz a automação entre operações de natureza diferente. Ao nível da formação, por exemplo, a aquisição de qualidades de análise e de reflecção tomarão importância crescente sobre a especialização. O engenheiro de produção, especialista desta ou daquela fabricação, será tanto menos procurado quanto os seus conhecimentos ficarão mais ràpidamente obsoletos.

Em consequência mesmo da aceleração da evolução técnica em curso resulta que o papel a desempenhar pelo engenheiro na sociedade de hoje tende a desenvolver-se. Deste modo ele virá a ter um papel especialmente privilegiado nos domínios seguintes:

— Em todos os sectores da planificação económica
— Nos hospitais
— No tratamento da informação
— Na utilização e afinação de aparelhagem cientifica cada vez mais complexa
— Na cooperação e assistência técnica sobre todos os seus aspectos.

Além disso, o engenheiro irrompe actualmente num sector até agora reservado a indivíduos com uma formação diferente: Referimo-nos à gestão de empresas, que exige tanto a estatística, como as previsões económicas, os estudos de mercado, o cálculo de preços de custo, e a conjugação de dadas diferentes que permitam chegar à preposição de decisões pela aplicação da teoria dos jogos em gestão simulada. Finalmente, dado o seu papel eminentemente social, o engenheiro será chamado a ter uma importância crescente em decisões de natureza política. E embora este seja um domínio pelo qual os engenheiros não têm revelado um gosto particular, eles serão cada vez mais chamados

a participar nessas decisões devido às implicações da natureza sócio-técnico-económico que elas envolvem. Deste modo, o engenheiro clássico, ùnicamente preocupado com problemas técnicos tende a transformar-se num homem aberto a todos os problemas, verdadeiro fermento da sociedade futura.

* * *

Vejamos agora alguns aspectos relativos à organização do ensino, e à duração dos estudos. Antes, porém, convém referir qual o tempo total de escola a que corresponde nos diferentes países o título de engenheiro. Se aceitarmos uma das recomendações da UNESCO saída da conferência Internacional de 1962 sobre o Ensino Técnico e o Desenvolvimento Económico, encontraremos o seguinte:

— Ao Engenheiro: correspondem 11 a 13 anos de formação geral seguida de 5 a 6 anos de formação cientifica e técnica.

— Ao Técnico do nível superior: correspondem 11 a 12 anos de formação geral, seguida de 2 a 3 anos de estudos científicos mas de natureza vincadamente técnica.

— Finalmente, o «Agente Técnico» a cuja educação correspondem 9 a 10 anos de formação geral seguida de 3 a 5 anos de formação técnica.

Se nos ficarmos por esta classificação ligada ao número de anos, concluiremos que o nosso título de Engenheiro se enquadra perfeitamente nesta designação tal como o Agente Técnico. Falta-nos porém o técnico de nível superior, cuja tendência actual, em França por exemplo, é para ser formado nos chamados Institutos Politécnicos.

Fizemos uma comparação baseada no número de anos de escolaridade — é a melhor classificação que de momento se pode encontrar muito embora sejam evidentes as suas deficiências.

Uma verdadeira classificação teria em conta o conteúdo e não a duração; mas se nos ficássemos pela duração, deveríamos considerar a duração efectiva do tempo de estudo e não o número total de anos que são necessários para a realização desse tempo efectivo.

A título de exemplo:

Com o nosso preguiçoso sistema de cadeiras anuais, de férias longas e múltiplos feriados, uma cadeira anual dispõe em média de 45 horas de aulas teóricas. Numa escola Suíça, Alemã, Inglesa, ou Americana, em que o ensino se organiza por semestres, uma mesma cadeira tem, num semestre cerca de 40 h.

Deixando os comentários a esta faceta para mais tarde, podemos no entanto fazer desde já uma reflexão acerca do número conveniente de anos escolares. De facto, podemos interrogarmo-nos se devido ao próprio ritmo de evolução do progresso científico e técnico não valeria mais reduzir a duração dos estudos no ensino superior e deixar uma parte a ser realizada durante toda a vida activa do engenheiro a qual seria então de carácter obrigatório e automàticamente incluída na horas de trabalho que o engenheiro passa na empresa.

Essa solução, teria a vantagem de não atrasar por mais tempo o acesso dos jovens à vida activa, e de lhe dar mais cedo o sentido da sua responsabilidade, substituindo assim bolsas, pré-salários e outras ajudas por uma ocupação normal, e facilitado deste modo a promoção social daqueles que só puderam fazer estudos curtos.

Devo dizer-lhes que estou citando textualmente um documento elaborado por especialistas estrangeiros. Especialistas dum país onde bolsas, pré-salários e outras ajudas são prática corrente e em grande escala.

Esta é uma forma de reagir contra a tendência ao prolongamento dos estudos o qual se destina a fazer assimilar pelos estudantes programas que as descobertas actuais tornam cada vez mais vastos, o que não impede, aliás, que 10 anos depois uma boa parte dos ensinamentos recebidos estejam completamente ultrapassados. Tendo em conta estas observações, e continuando a citar o relatório já referido, poder-se-á, parece, fixar a duração normal dos estudos de engenharia em 4 a 5 anos no máximo. Admitindo porém que as especializações mais avançadas exigem 1 ou 2 anos suplementares, e que a reciclagem seria obrigatòriamente incluída, a duração total da formação

deveria certamente atingir os dez anos. Nesta perspectiva, um programa estabelecido na base de 5 anos, iria abranger 2 anos de estudos científicos gerais, 2 anos de estudos mais técnicos e um último ano de especialização.

Actualmente a duração normal em muitos países é de 4 anos: nos Estados Unidos, na Austrália, na Irlanda, Suíça e Países Baixos; é um pouco mais longa na Bélgica, Filândia, França, República Federal da Alemanha, na Grécia, na Noruega, Itália, Espanha, Suécia, Turquia e Portugal. Deve finalmente referir-se que em muitos países não existe um sistema único de formação e que em todos eles se reconhecem sérios inconvenientes de o aluno não poder transferir-se com facilidade de modo a estimular a sua promoção. Sob este aspecto, reconhe-se quase unânimemente, que o sistema adoptado nos Estados Unidos é dos mais vantajosos porque a cada etape corresponde um grau de formação bem definida. O primeiro grau, o Bachelor, permite ao diplomado exercer a sua profissão numa certa especialidade; aqueles que desejam aumentar a qualificação ou aprofundar os seus conhecimentos, após um certo tempo passado na vida activa, podem voltar a estudar durante um novo período, em geral dois anos o qual é sancionado por um diploma de Master. E um terceiro nível, que corresponde ao doutoramento, pode finalmente ser abordado por uma elite intelectual que se destina fundamentalmente ao ensino e à investigação. Citamos os Estados Unidos como exemplo. Mas poderemos encontrar um sistema análogo em muitos países, nomeadamente na Inglaterra e actualmente em França.

* * *

Encaremos agora alguns aspectos relativos aos programas nas escolas de engenharia.

Evidentemente que quando se fala de programas se tem implícita a própria finalidade do ensino. Ora, o ideal de toda a formação escolar e universitária é obter um ensino que não faça prevalecer a aquisição de conhecimentos sobre a formação do espírito. O papel duma escola de engenheiros, consiste, pois, em dar aos estudantes um conhecimento e uma capacidade do mais alto nível tendente a conciliar duas necessidades:

— A primeira é a integração imediata do próprio engenheiro na vida activa, o que implica que a sua formação corresponda às necessidades da economia e lhe permita desempenhar um papel correspondente ao nível dos seus estudos.

— A segunda é estimular a sua formação cultural e humana.

A realidade é um pouco diferente: dum modo geral os programas das escolas de engenharia têm muito mais tendência a acentuar a difusão dos conhecimentos do que a ensinar métodos de trabalho intelectual preocupando-se pouco com a formação da personalidade dos alunos. Ora, o facto que é inútil tentar cobrir em qualquer sector o conjunto dos conhecimentos técnicos correspondentes ao estado actual. Mesmo que isso fosse possível, seria em vão, dado a rápida desactualização de conhecimentos deste tipo.

É por isso que o debate entre os partidários da formação de engenheiros especialistas em domínios restritos, e os partidários dos engenheiros generalistas capazes de se adaptarem às variações do meio mas obrigados a maior parte das vezes a completar a sua formação quando entram na empresa teve, talvez, a sua razão de ser no passado; mas não tem mais interesse no dia de hoje. Por outro lado, se mesmo numa época recente os engenheiros tinham um perfil bastante definido com civis, mecânicos, etc., a evolucão da ciência e da técnica, a acumulação duma grande quantidade de conhecimentos e a criação de domínios científicos novos, levaram ao aparecimento de especialidades diferentes. Todas as técnicas se desenvolvem e continuam a desenvolver-se. Ora, a formação de engenheiros estreitamente especializados é fixada em função das necessidades técnicas imediatas pelo que nos podemos interrogar em que é que eles se transformarão quando esse domínio especializado mudar, tanto mais que não podemos saber o que é que serão dentro de 5 anos a tecnologia, as máquinas, os materiais e as condições técnicas do trabalho utilizado.

Os programas de ensino que eles tiverem seguido, ter-lhe-ão dado uma formação sobretudo manual e receitas práticas que o reduzem ao nível de agente técnico e não lhe permitem mais adaptar-se às mudanças. O engenheiro que não possui conhecimentos de base, matemática e física, não será capaz, posteriormente, de alargar ou de completar os seus conhecimentos técnicos.

É òbviamente de considerandos desta natureza que tem resultado a progressiva ênfase nas cadeiras científicas em todos os cursos de engenharia por esse mundo fora.

Por este motivo, escrevia já em 1957 A. Balevsky (*) «na oficina, no estaleiro, nos gabinetes de estudo, nos institutos de investigação, nos estabelecimentos de ensino superior, a actividade do engenheiro deverá ser sob um certo ponto de vista, uma actividade científica e deve produzir ele próprio a ciência; seguir e aplicar duma maneira criadora as descobertas científicas no seu próprio domínio. É preciso, portanto, preparar sobretudo os engenheiros para a reflexão criadora e para a adaptação rápida às mudanças. A especialização necessária poderá sempre ser adquirida ulteriormente pela prática. Quanto maior a amplidão e a evolução dos conhecimentos técnicos, maior a necessidade de libertar o engenheiro da obrigação de receber um ensino essencialmente baseado nas qualidades de memória».

Todavia, a formação de generalistas puros não é recomendada: correr-se-ia o risco do desaparecimento das preocupações do concreto que devem sempre existir subjacentes à sua acção qualquer que seja o seu nível.

Na formação de Engenheiro desempenham ainda papel importante as ciências sociais e cadeiras de cultura geral.

Parece-me esclarecedor, sobre este ponto, transcrever uma citação que figura no preâmbulo do Decreto n.º 40 388, de 1955, pelo qual se regem os nossos actuais cursos de Engenharia.

Lá se diz:

«Na Alemanha Ocidental as grandes Universidades Técnicas lutam pela criação de Faculdades de Filosofia, que os alunos devem frequentar durante dois anos, como preparatório do ensino especial. E a instituição do Setudium Generale pela quase totalidade das Universidades é apresentada pelo presidente da Conferência Permanente dos Reitores como «a reacção natural da Universidade contra os abusos do regime totalitário, demasiadamente habituado a apoiar-se sobre especialistas e funcionários votados a tarefas precisas fixadas pelo regime, mas dispensados de reflectir sobre o seu próprio papel e as suas responsabilidades no conjunto. O Setudium Generale devia fazer de antitoxina para os especialistas que, depois da servidão do falanstério hitleriano desejaram ver reabrir-se perante eles os largos horizontes da humanidade.»

2 — EVOLUÇÃO DA ENGENHARIA MECÂNICA EM PORTUGAL

Falar da Engenharia Mecânica em Portugal, exige que se tente primeiro esboçar qual o seu domínio de actuação. Neste sentido, por estranho que pareça, não encontramos em nenhum dos textos legais que nos regem a mínima referência: não existe sequer nos estatutos da Ordem dos Engenheiros o esboço duma tentativa para definir o domínio de acção do engenheiro, para além de se dizer que ele se ocupa das obras de engenharia. Não devemos pois surpreendermo-nos demasiado se os alunos não encontram os cursos que desejam. De facto, não existe nenhuma caracterização oficial explícita para além dos títulos das cadeiras que constituem o plano de estudos. Ora, uma ideia mais clara do que são, podem e devem ser, as funções do engenheiro mecânico parece-nos essencial especialmente entre nós, onde há cerca de 30 anos o curso esteve para ser suprimido.

Se nos ajustarmos ao conceito geral admitido nos países mais evoluídos, poderemos, citando o M.I.T. dizer que «quando encara o futuro, o engenheiro mecânico vê como domínio seu toda a Indústria e toda a Ciência na medida em que a mesma é utilizada em finalidades humanas». É pois do âmbito do engenheiro mecânico, cobrir o intervalo entre ciência e o conhecimento base por um lado, o projecto ou a fabricação do objecto ou equipamento que realiza a função, por outro.

(*) Personalités creatrices ou specialistes à vue etroite? — Literaturen Front n.º 52 - 1957.

O domínio do engenheiro mecânico é interdisciplinar por excelência e ele ver-se-á ligado em particular: — à transformação e transporte de energia; ao projecto e cálculo de todo o equipamento indústrial; à sua fabricação e conservação; à integração de equipamento no planeamento global de instalações complexas.

Este, o perfil do engenheiro mecânico, na medida em que podemos, hoje, definir especialidades dentro da Engenharia. Porém, este perfil não tem sido o conceito tradicional entre nós, ou pelo menos não tem sido o que verdadeiramente implica em realidade Indústrial; basta citar um pormenor — a normal confusão entre engenheiro de máquinas e engenheiro mecânico ou metalo-mecânico.

Engenheiro Mecânico e Indústria são quase sinónimos e por isso verificamos que quanto mais civilizado é um povo, maior número de Engenheiros Mecânicos possui relativamente a outras especialidades. A relação, Mecânico/Civil é sob este aspecto particularmente esclarecedora e, no nosso caso, constitui um índice revelador. Estreitamente ligado à Indústria, a evolução da engenharia mecânica em Portugal, é a evolução da própria Indústria. Devemos, pois, interrogarmo-nos como se industrializa um país que ainda o não é.

De forma muito esquemática podemos distinguir três fases:

Na primeira fase, compram-se máquinas e fábricas no estrangeiro, mas faz-se a maior parte da construção civil. A laboração duma fábrica precisa de técnicos e entre eles mecânicos que assegurem a conservação e o bom funcionamento do equipamento produtivo. Se as funções são relativamente complexas, a própria empresa estrangeira, que fornece a fábrica de chave na mão, se encarrega da formação elementar destes técnicos.

Como consequência natural, por não ser viável importar os múltiplos pequenos acessórios que o processo fabril desgasta, nem por ser económico mandar executar fora todas as pequenas reparações, surge a necessidade da existência de pequenas oficinas. Nesta fase, conserva-se o equipamento, muda-se de máquinas e às vezes até se faz uma exploração verdadeiramente rentável, mas a máquina em si, o pensamento que a inspirou, é sagrado — o estrangeiro que a fez, lá sabe os motivos porquê.

Numa segunda fase, à custa de importar equipamento, mas principalmente à força de o reparar, desenvolve-se uma certa capacidade executiva e começam a fabricar-se elementos pouco complexos. Os industriais mais evoluídos procuram associações com o estrangeiro essencialmente sobre a forma de licenças de fabricação. As licenças, trazendo conhecimento pela forma de «know-how» e exigindo um mínimo de capacidade tecnológica ao nível executivo ou da exploração, podem constituir um excelente motor de progresso.

Esta fase do desenvolvimento corresponde ao que poderemos designar como pré-indústria mecânica.

Numa terceira fase, a fase verdadeiramente indústrial, atinge-se a capacidade de realizar um pensamento próprio, sob a forma de concepção e realização autónomas, ou sob a forma de conjugação de equipamento diverso em unidades fabris complexas. Desejamos acentuar que nesta fase, a execução total de equipamento pode nem sequer se verificar, mas o que existe, isso sim, é a capacidade tecnológica de o fazer ao nível mais elevado. Uma parte importante da actividade reside então na venda do projecto ou do «know-how» referente a equipamento específico ou a conjuntos complexos. O produto que se vende tem uma enorme incorporação de matéria cinzenta que é predominante no custo do produto.

Um exemplo muito simples, mas que dá a ideia da importância relativa: Um kg de obra em aço normal de construção na nossa indústria mecânica valerá, digamos, 10$00 se se refere a uma estrutura; o mesmo kg de obra, num permutador de calor, valerá 5 a 6 vezes mais, admitindo a mesma incorporação de mão de obra ou o mesmo tempo de operações de máquina. Quando se atinge esta fase, a fase de ser capaz de realizar a própria concepção tecnológica ao nível mais elevado e de lhe dar realidade física, atinge-se verdadeiramente o nível indústrial. Atinge-se então a fase da independência, isto é, o País é capaz de não ser já colonizado. Pelo menos atinge-se um certo equilíbrio no conjunto global da Indústria Nacional.

A cada uma das fases referidas corresponde sob o ponto de vista de engenheiros e técnicos um nível e uma quantidade. A primeira fase exige fundamentalmeute operários, mestres e gestores. A segunda fase, técnicos de nível médio e alguns, mas poucos, de nível superior. A terceira exige técnicos de todos os níveis, com forte predomínio relativo de técnicos de nível superior, e, mais que isso, de Engenheiros.

Sob o aspecto quantitativo, o número de engenheiros necessários tal como dos outros técnicos, cresce enormemente: — para conduzir uma máquina é necessário um operário; para a conceber, toda uma equipe; para repetir uma produção basta assegurar rotinas e assegurar rotinas não exige formação superior.

Como dissemos, a passagem da segunda à terceira fase exige um enorme aumento do número de engenheiros mas, mais que isso, do seu número relativo. Com todas as limitações que comporta uma quantificação desta natureza, poderemos, usando alguns valores geralmente aceites, dizer que a segunda fase exige uma relação entre engenheiros e técnicos de nível médio da ordem de 1 para 10. Na terceira fase a relação é da ordem de 1 para 2. Em Portugal verificam-se pràticamente as relações inversas, isto é, as relações de 2 para 1 e mais frequentemente de 10 engenheiros para 1 agente técnico.

Se entre nós os engenheiros exercessem verdadeiramente a profissão, com o nível científico e tecnológico para que foram preparados, teríamos concerteza uma indústria de nível excepcional e seríamos citados como um exemplo para todo o Mundo.

Infelizmente, o que se verifica é uma completa distorção; a nossa indústria não passou ainda da segunda fase e a esmagadora maioria dos nossos engenheiros exercem funções muito abaixo do nível científico para que foram preparados. Daqui resulta que para as funções que foram chamados a exercer, a formação que receberam na escola não foi a mais adquada, facto que a própria indústria implicitamente aceita quando louva nos nossos engenheiros a preparação científica mas eufemìsticamente pede um pouco mais de preparação prática.

Mas somos um país de titulos; e a muitos indústriais não interessa a formação ou o contributo à melhoria de produção que lhes pode trazer um engenheiro, mas sim o título. O título é algo que ajuda a vender muitas vezes um produto de qualidade menor. Para o importador de máquinas, o importante é, tantas vezes, que o seu vendedor se anuncie com um título, de modo que, como dizia alguém já há um bom par de anos:

«No estrangeiro existem engenheiros sem título; em Portugal, existem títulos mas não existem engenheiros.»

Trata-se, evidentemente, duma caricatura, mas eu gostaria de perguntar, qual a percentagem de engenheiros mecânicos com mais de 10 anos de formatura que exercem de facto funções técnicas nas empresas ou serviços públicos onde trabalham? Essa percentagam é muito pequena, e sem medo de errar diria mesmo que não excede 10%.

E admiramo-nos da polémica que surge sempre que alguns Agentes Técnicos proclamam que exercem funções de engenheiro e como tal deveriam ser considerados: não, eles não exercem funções de Engenheiros; os engenheiros é que exercem muitas vezes funções de Agente Técnico.

Não pretendo inferir-se do que acabo de dizer qualquer crítica aos Engenheiros, à Indústria ou à Escola porque somos colectivamente solidários no jogo de palavras a que nos habituamos.

Quando se diz, e é corrente, que os nossos engenheiros são sobretudo teóricos, ou prefiro dizer que a sua formação não é teórica nem é prática e que as falhas na sua formação teórica só não se verificaram ainda porque a Indústria não chegou, na sua maioria esmagadora ao estado de necessitar duma formação desse tipo. Isto quando por teoria não se quer apenas significar, depreciativamente, conhecimento científico não digerido, o qual é a antítese mesmo de conhecimento teórico.

Se a preparação teórica fosse realmente muito boa, certos frutos pelo menos seriam visíveis, alguns deles sob a forma de trabalhos publicados: — ora, salvo raríssimas excepções, o Engenheiro Mecânico não só não escreve como não lê, ou lê pouquíssimo, das revistas de melhor nível da sua especialidade.

Quanto à preparação prática é òbviamente deficiente.

Mas como poderemos nós ter um bom ensino, teórico ou prático, se em Portugal as dotações orçamentais por aluno de Engenharia são das mais baixas não só em todo o mundo como ainda são entre nós inferiores às de muitos outros cursos Universitários?

Quando o ensino de Engenharia é dos mais caros por aluno, devido à importância dos laboratórios e oficinas e custo do seu funcionamento e, ainda, devido à elevada relação professor-aluno necessária, entre nós dispomos de quadro e giz, mas nem sequer de bibliotecas com volume e qualidade que sirvam o corpo docente e os alunos! Temos de concordar: todo o condicionalismo empurra a Universidade para fábricas de diplomas no pior sentido. E nas Escolas de Engenharia precisamos de 6 longos anos para conferir o «canudo» a uma minoria privilegiada da população.

Na fase presente do seu desenvolvimento, o País precisa angustiosamente de técnicos, de técnicos de nível médio, de técnicos de nível superior e de Engenheiros. Precisa de técnicos de nível médio para o presente, precisa de técnicos de nível superior nos seus sectores mais desenvolvidos, precisa de Engenheiros para o seu futuro.

O País precisa de lançar na sua indústria, muitos e muitos técnicos capazes de aperfeiçoar os processos existentes, capazes de assimilar o «Know-how» que pode ser adquirido através da associação com empresas estrangeiras. Mas o País precisa também de preparar o seu futuro e preparar o seu futuro é formar Engenheiros e Cientistas a um nível mais elevado. E embora não haja para todos utilização imediata, como a sua formação é longa, precisamos de começar já. É por isso que a meu ver se não justificam os cursos actuais de engenharia que nos impedem de formar os engenheiros do futuro, por falta de meios materiais, mas por falta sobretudo de meios humanos, agravados pelo contrapeso que constitui a formação simultânea de técnicos para o presente.

No momento que passa, o País não pode dar-se ao luxo do desperdício em potencial humano que constituem as reprovações nos primeiros anos da Universidade, nem pode dar-se ao luxo de adoptar cursos extremamente longos apenas porque mal aproveitados no seu tempo de escolaridade. Na actual estrutura, em que as aulas são essencialmente de quadro e giz, porque não existe equipamento nem instalações que permitam fazer de outro modo; onde o tempo efectivo de aulas, é extremamente restrito; onde se despende um ano quando pode gastar-se o mais das vezes apenas um semestre; onde há transferências até quase ao final do ano e o aluno se pode apresentar a exame mesmo sem ter frequentado as aulas, pergunta-se: Que pode esperar o País ou o que pode esperar a Indústria dos seus Universitários? Que sociedade é a nossa que pode permitir-se semelhante estado de coisas?

Dir-me-ão:

— Se a Escola reconhece estas deficiências porque não actua?

Perguntar-lhes-ei: que autonomia ou audição possui a Escola para poder resolvê-las?

Que consciência tem a indústria do seu papel, se completamente se alheia do modo como são formados os engenheiros que irão promover a sua renovação e o seu desenvolvimento? Alheamento efectivo e, salvo raras excepções, até alheamento verbal!

O nosso industrial parece não se ter ainda compenetrado da enorme responsabilidade de promoção económica e social, que sobre si impende. E as empresas grandes (algumas temos felizmente), ter-se-iam compenetrado já da sua responsabilidade como exemplo que devem constituir para as mais pequenas?

* * *

Não se veja nas minhas palavras, o que elas não contêm: sou o primeiro a manifestar reconhecimento e admiração pelos tantos pioneiros que sem formação técnica nem preparação universitária, conseguiram arrancar à custa do seu esforço e da sua tenacidade, aquele pouco de que hoje nos podemos apesar de tudo orgulhar; apenas se lhes pede que compreendam a própria evolução no ramo de actividade a que se dedicaram e se libertem dos aspectos mais estreitos que comporta a tradicional estrutura (familiar) da empresa.

* * *

Perdõem-me os alunos finalistas que organizaram esta semana o quadro, talvez um pouco sombrio, para aquilo que desejávamos; mas o mundo onde se vão integrar não vai ser um mundo fácil e esta é a idade de travar os grandes combates.

E para concluir a nossa palestra, abordemos o último ponto:

3 — A REFORMA QUE SE DESEJA.

A reforma que se deseja, não é apenas uma reforma de ensino. Neste país legalista, o gosto do formal leva-nos muitas vezes a esquecer que as leis não bastam. O gosto do absoluto, leva-nos tantas vezes a perder a noção das proporções, a omitir a realidade, para que na verdade truncada se contenha a beleza absoluta das nossas concepções. Ora, na realidade portuguesa, o ensino é apenas uma parcela, que pode ser decisiva, se os homens assim o quiserem; ele não o será apenas pela força dum texto legal. Para que o ensino se torne efectivo é necessário atender ao conteúdo e não à forma; é necessário que as pessoas queiram instruir-se mas para usarem a formação que receberam, não para a exibirem apenas. E a Univerdade tem de encher-se com alunos que não procurem apenas um título mas uma formação. E se os indivíduos passarem neste país a valer pelo que são e não apenas pelos títulos que possuem, teremos dado o primeiro passo importante na renovação que se impõe.

É por isso que se deseja uma reforma.

Uma reforma que se adopte com o que ela implica de renovação de mentalidades, com o que ela implica de métodos novos de trabalho e de convívio, com o que ela signifique de promoção social e humana.

E postas estas considerações, como gostaríamos nós de ver o ensino da Engenharia em Portugal:

> Gostaríamos de vê-lo, antes de mais, aberto aos mais capazes; desejaríamos ver aumentar o número de escolas técnicas elementares, e muito especialmente o número de escolas de nível intermédio que preparassem em massa, os técnicos que irão assegurar o desenvolvimento da indústria actual e a melhoria das suas condições de funcionamento. Gostaríamos de ver formar técnicos de nível superior no sentido que lá fora se dá a este termo, isto é: técnicos com formação intermédia entre a dos agentes técnicos e a dos actuais engenheiros. E dizemos formação, referindo-nos essencialmente à escolaridade que é neste momento o único índice objectivo a que podemos referirmo-nos. Gostaríamos de ver aumentar a rentabilidade do ensino das escolas superiores, com o ano escolar mais bem mais aproveitado em tempo de aulas, em tempo de laboratório, em tempo de estudo efectivo.

Actualmente, isto é impossível.

Com o afluxo incontrolado de alunos aos primeiros anos, muitos das vocações válidas se perdem definitivamente, porque, sendo incapaz de prosseguir, o aluno legìtimamente não deseja retroceder ingressando num curso médio. Por outro lado, é humanamente impossível com os meios de que dispomos, formar eficazmente o recém-formado, e alguns dos melhores se perdem apanhados na balbúrdia de um ensino de multidões. Perdem-se os melhores, o nível médio deteriora-se, e os cursos que com 6 anos são longos, alongam-se ainda mais mercê das reprovações cuja causa principal foi ausência de meios humanos e materiais que permitissem uma assistência eficaz no processo de formação que o aluno tinha o legítimo direito de esperar. E a situação agrava-se ainda, porque os cursos não são homogéneos — uma percentagem não pequena deseja só o diploma ou alheia-se completamente, cansada dum curso que é demasiado superior para o seu gosto ou que não corresponde às suas aspirações. Sem possibilidade de escolha ou de mudança, terminar o curso como está é um suplício mas a única saída. E a Escola Superior que devia ser um lugar e um tempo de formação e reflexão, transforma-se para ele num incitamento ao oportunismo, tudo lhe parecendo legítimo para a obtenção do diploma.

Esta é a realidade e há que tê-la em conta. Se quisermos ter ensino de alto nível, precisamos de criar escalões sucessivos que permitam ao aluno ajustar-se ao que melhor corresponde às suas aptidões e aspirações. Sujere-se por isso, a criação de cursos para técnicos de nível superior destinados a recuperar os que reprovam nos primeiros anos. Estes seriam cursos com a duração de 2 a 3 anos, que confeririam uma formação vincadamente técnica, mas de nível superior ao actualmente conferido pelos Institutos Industriais:

Seguidamente, a criação do bacharelato (embora o termo não seja o mais indicado), ou equivalente, com a duração de 4/5 anos, em que, com o melhor aproveitamento do tempo escolar, melhores laboratórios, e pessoal docente em maior número e melhor preparado, seria possível dar uma preparação pelo menos equivalente à que actualmente se consegue com 6 anos.

Como é óbvio, estes cursos permitiriam o início da actividade profissional mais cedo, com as enormes vantagens económicas, sociais e humanas que de tal resultaria.

Finalmente, criar-se-iam cursos amplamente diversificados de 1/2 anos que confeririam o grau de Engenheiro (ou outro designativo mais apropriado), os quais teriam orgânica e estrutura análoga aos de pós-graduação nas Universidades Americanas ou Inglesas.

Estes cursos não seriam uniformes, isto é, iguais em todas as Escolas, nem seriam sempre os mesmos; pelo contrário, seriam criados e funcionariam de acordo com as necessidades da Indústria ou dos Institutos e Centros de Investigação públicos ou privados.

Com este tipo de organização conseguir-se-ia ainda um estímulo para a promoção dos engenheiros que actualmente exercem a sua actividade.

Como se verifica, na orgânica esboçada apareceria uma categoria nova: a dos técnicos de nível superior; e uma refundida: a do engenheiro normal. Eles seriam os técnicos do presente, em actualização constante através dos meios de ensino permanente.

Nenhuma das ideias é nova, embora a dos técnicos de nível superior seja comparativamente mais recente — foi ela que originou em França a criação dos Institutos Politécnicos como via de formação para os alunos que não passaram a barreira do concurso nas escolas tradicionais de Ensino Universitário de Engenharia.

A criação de dois graus, o Engenheiro normal e o pós-graduado, corresponde à ampla experiência anglo-saxónica a qual, como referimos anteriormente, tende a ser seguida em todo o mundo.

A sua enorme vantagem é a possibilidade de sancionar por um diploma inicial a capacidade que permita a imediata integração do aluno nas actividades produtivas e a faculdade de lhe conferir uma preparação de nível superior por um regresso à Escola.

Esta possibilidade de acesso aos graus mais elevados que a Universidade pode conferir deve existir qualquer que seja a via adoptada. Tanto ao agente técnico como ao técnico de nível superior se deve reconhecer não só a preparação já recebida como se deve estimular a sua promoção.

A recuperação e promoção dos mais aptos deve ser, aliás, uma preocupação permanente em qualquer reforma que se faça.

* * *

E para terminar:

O panorama que vos ofereço não é risonho, mas acima de tudo não é céptico. Não é céptico porque acredito na força renovadora duma geração que sabe reconhecer os seus erros e não transfere para alguns nem o condão de salvações milagrosas, nem a responsabilidade de todos os males; se o fizesse, renegava-se a si própria.

A nós afectam-nos problemas graves de estrutura, que não são tarefa retumbante para um dia heróico, mas sim para o heroísmo persistente e sem barulho de um trabalho de todos os dias, ao longo de anos, sem abdicações comodistas. E se a obra não é para revolucionários, nunca o será também para resignados e conformistas.

É por isso que eu acredito nos Jovens Universitários de hoje.

MAGUE

Redutor frontal para forno rotativo de cimento

PONTES ROLANTES, GUINDASTES E APAR. DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS	*Projecto e fabrico*
TURBINAS HIDRÁULICAS	*Fabrico segundo licença de A. C. M. de Vevey, S. A.*
TURBINAS A VAPOR	*Fabrico segundo licença de Brown Boveri, Cie.*
CALDEIRAS A VAPOR	*Projecto e fabrico segundo licença de Foster Wheeler, Co.*
EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS	

CONSTRUÇÕES METALOMECANICAS **MAGUE** S.A.R.L.

ALVERCA DO RIBATEJO — PORTUGAL

UMA COMBINAÇÃO PERFEITA COM A ILUMINAÇÃO INCANDESCENTE

Mercê de persistentes investigações que incidiram principalmente no complexo domínio da ciência da cor, a PHILIPS lança no mercado uma lâmpada fluorescente de 2800º K, notável pela sua tonalidade original, suave, repousante, cuja composição espectral é, PELA PRIMEIRA VEZ, semelhante à das lâmpadas de incandescência normais.

Aconselhadas também para:
HOTÉIS · RESTAURANTES · SALÕES DE CHÁ
CABELEIREIROS · SALÕES DE BELEZA ·
BIBLIOTECAS · SALAS DE CONFERÊNCIAS
CINEMAS.

Todos os pormenores sobre a aplicação destas novas lâmpadas podem ser solicitados ao Departamento de Iluminação da

PHILIPS PORTUGUESA, S.A.R.L.

R. JOAQUIM ANTÓNIO DE AGUIAR, 66 - LISBOA · R. FERNANDES TOMÁS, 760 - PORTO

C. D. U. 517.11

OS SISTEMAS NO FLUXO DE INFORMAÇÃO

por LUÍS MALTEZ
Assistente do I.S.T.

RESUMO

Com base nas noções introduzidas pelo autor nos artigos «Introdução ao estudo dos sistemas» e «Trajectória dum sistema», já publicados na Técnica, discute-se o tipo de correspondências definidoras do comportamento dum sistema, o que permite caracterizar os regimes livre e forçado. Finalmente, definem-se os sistemas em regime forçado como operadores no fluxo de informação e introduz-se a noção de perturbação.

SYNOPSIS

As a development of the previous papers «Introdução ao estudo dos sistemas» and «Trajectória dum sistema», both published in «Técnica» the author discusses the type of the correspondences which define the behaviour of a system. This leads to the distinction between free and forced systems. At last, forced systems are defined as operators in the flow of information, and the notion of disturbance is introduced.

1. DISCUSSÃO DO TIPO DE CORRESPONDÊNCIAS A PROCURAR

No primeiro artigo desta série — Ref [1] —, introduzindo as noções de sistema livre e sistema forçado, fizemos uma primeira alusão à existência de correspondências definidoras do comportamento do sistema. Estas tinham como conjunto objecto o próprio sistema em estudo ou o seu produto cartesiano pelo conjunto das evoluções do seu meio exterior, e como conjunto imagem o conjunto das evoluções do sistema em estudo.

No artigo seguinte — Ref [2] —, trabalhando já sobre espaços imagem, passámos a definir o comportamento dum sistema por uma nova correspondência, tendo agora como conjunto objecto a imagem do sistema no espaço de observação ou o seu produto cartesiano pelo conjunto das sequências reduzidas do seu meio exterior, e tendo como conjunto imagem o conjunto das sequências reduzidas ou o conjunto das trajectórias observadas do sistema em estudo.

Não dissemos, porém, até agora, qual o significado real destas correspondências, nem que tipo de correspondências podemos esperar que existam. Será útil ainda, na progressiva aproximação da prática que temos vindo a fazer, dar nova flexibilidade aos conjuntos objecto e imagem dessas correspondências.

Comecemos por encarar o assunto sob o prisma do primeiro artigo. Num sistema livre, a correspondência definidora do seu comportamento dá como imagem de cada estado e do sistema S, a ou as evoluções que S pode sofrer em regime livre, quando o seu estado inicial é e. Sendo $e \varepsilon$ S um estado de S e sendo, por isso, possível que S o assuma, haverá sempre pelo menos uma evolução que S pode sofrer com origem em e. É necessário, evidentemente, que consideremos abrangida na noção de evolução a estacionaridade em e, a título permanente. Será o que acontece quando e é um estado de estabilidade absoluta, isto é, que não pode ser abandonado por S sem acção exógena. Podemos, assim, afirmar que, qualquer que seja S, a correspondência que define o seu comportamento em regime livre tem como primeira projecção do seu gráfico o próprio sistema S.

A correspondência definidora do comportamento do sistema S em regime forçado já não é definida sobre S, mas sim sobre o seu produto cartesiano pelo conjunto das evoluções possíveis do meio exterior a S, M_S. Da mesma forma, porém, poderemos afirmar que, dados um estado inicial e de S e uma evolução σ_M do meio exterior M_S, haverá sempre pelo menos uma evolução σ_S que S pode sofrer com início em e, quando M_S experimenta a evolução σ_M. Continuamos, por isso, a poder afirmar que o conjunto objecto desta correspondência coincide com a primeira projecção do seu gráfico.

Mas serão funcionais os gráficos destas correspondências? Isto é, serão estas correspondências aplicações?

A resposta a esta pergunta não pode ser dada com certeza científica. Entra, pelo contrário, no campo metafísico, em que se podem aduzir argumentos para defesa de certa opção, mas essa

opção acaba por ser tomada por via puramente axiomática.

Efectivamente, a questão posta é a do determinismo ou indeterminismo, a da validade ou não validade do princípio da causalidade. E a resposta não pode ser dada cientìficamente pela simples razão de que não temos acesso à informação completa sobre o estado dum sistema — seria preciso observá-lo por todos os critérios do universo de critérios. Por maioria de razão, o conhecimento a que podemos aceder da evolução dum sistema — sucessão de estados — é também diminuto. Por isso, o aparente indeterminismo — ou incompleto determinismo — tanto pode ser atribuído a um indeterminismo subjacente como a um determinismo que não aflora totalmente por imperfeição do espaço de observação.

Como facto inegável, apenas podemos afirmar que todo o progresso científico tem sido possível pela crença inabalável do homem na sua capacidade de explicação e previsão dos fenómenos. Na realidade, quando se previu, com base científica, a evolução dum sistema e se verifica, a posteriori, que a evolução observada não coincide com a prevista, a atitude do cientista é admitir que os dados a partir dos quais se fez a previsão não estavam completos, impondo-se a pesquiza de outros factores, quer referentes à definição do estado inicial do sistema, quer à acção por ele sofrida do meio exterior, durante a evolução em estudo. A história da Ciência tem, em geral, confirmado a validade deste ponto de vista, o que tem conduzido, pouco a pouco, à descoberta de mais causas determinantes dos efeitos observados, bem como à reformulação das leis — correlações — encontradas entre causas e efeitos.

No entanto, apesar desta crença inabalável no princípio da causalidade, os factos nunca registam um determinismo rígido, mas apenas um quase determinismo. Efectivamente, os resultados encontrados raramente coincidem com as previsões feitas. Mais, quando se repete uma experiência várias vezes, os resultados variam ligeiramente. O melhor que se pode conseguir é ajustar a lei teórica, de modo a que o valor previsto se adapte razoàvelmente bem a alguma espécie de valor central dos resultados.

Analisando estes factos, podemos tomar a priori uma posição determinística ou indeterminística. Numa óptica determinística diremos: «a dispersão encontrada resulta da incompleta definição das condições da experiência». Numa óptica indeterminística diremos: «a relativa constância de resultados médios resulta da integração de muitos efeitos de carácter aleatório».

E, repare-se, qualquer das posições é defensável. Pois não é, de certo modo, previsível o comportamento médio de grandes massas humanas, sem que haja quebra da liberdade individual?

Desejamos apenas frisar que, sobre este problema, continua aberto o campo à especulação metafísica, por não existir solução científica. E nem sequer é grande a esperança de vir a existir alguma vez uma solução científica. Lembremos que, em fenómenos microscópicos, se tem de ter em conta a fatalidade da incerteza, pelo simples facto de que o observador não é capaz de ver o fenómeno sem interferir nele de algum modo. Assim, o que observa não é nunca o que queria observar, não sendo por isso possível a definição completa das condições duma experiência.

Se não temos, então, soluções para oferecer, limitemo-nos a constatar os factos e a trabalhar de acordo com eles. E, pelo menos ao nível macroscópico — aquele que fundamentalmente nos interessa —, esses factos mostram que tudo se passa como se a natureza obedecesse a um determinismo, ou pelo menos a um quase determinismo, cuja dispersão nós podemos reduzir progressivamente por ampliação do espaço de observação, por melhoria das técnicas de aplicação de critérios, por redução da interferência no fenómeno.

Diremos, assim, que a Ciência caminha no sentido de se aproximar quanto possível da definição de aplicações que caracterizam os sistemas. É, porém, forçada, em muitos casos, a admitir que a correspondência actualmente conhecida não é uma aplicação, mas que, pelo contrário, oferece como imagens conjuntos finitos ou infinitos de evoluções possíveis.

Neste caso, para termos ainda alguma informação antecipada sobre o comportamento do sistema, o melhor que podemos fazer é atribuir medidas a cada evolução da família, relacionadas com a frequência da sua ocorrência. Entramos, assim, no campo da teoria das probabilidades, por via apriorística, se tivermos conhecimento suficiente da natureza do fenómeno, ou por via frequentista, se não o tivermos.

Se as imagens foram conjuntos finitos ou numeráveis de evoluções, poderemos usar variáveis

aleatórias discretas. Se, pelo contrário, forem conjuntos não numeráveis, usaremos distribuições.

2. SISTEMAS EM REGIME LIVRE

Convém-nos agora retomar a linha já seguida nos dois artigos anteriores, para explicar melhor as noções que aí foram introduzidas.

Em primeiro lugar, registemos que, na realidade, não há sistemas verdadeiramente livres, pois existe sempre alguma espécie de interacção entre um sistema e o meio exterior. Que mais não fosse, o nosso acto de observação do sistema seria já interacção.

De qualquer modo, porém, o que interessa não é saber se um sistema é livre, mas sim se ele se pode considerar livre para certo problema.

Seja dado um sistema S e definido determinado objectivo. Para cumprir este objectivo, o sistema deve ser observado por certo conjunto de critérios de observação

$$C_I = \{ C_i : i \in I \} \tag{1}$$

Seja

$$S_I = C_I < S > \tag{2}$$

a imagem de S por C_I.

Para caracterizarmos o comportamento do sistema S, no que a este problema interessa, teremos de obter uma correspondência cujo conjunto imagem pode ser indiferentemente ou o conjunto das sequências de estados observados de S, S_I^{R+}, ou o das sequências reduzidas dos mesmos estados observados, $\Sigma_{R+}^{S_I}$. Entre estes dois conjuntos existe, como já vimos — Ref. [2] —, uma bijecção Ψ através da qual se poderá passar dum conjunto imagem para o outro.

O conjunto imagem está, portanto, bem definido em face do objectivo do problema. Mas qual deve ser o conjunto objecto dessa correspondência? A resposta é que ele deve ser o adequado a uma cabal explicação da sequência de estados observados efectivamente verificada.

Como primeira hipótese, temos a de tomar como conjunto objecto da correspondência o próprio S_I, interpretando os seus elementos como estados iniciais, de acordo com a forma como temos definido estas correspondências — Ref. [1] e [2] . Se esta correspondência for uma aplicação, podemos concluir que o conjunto objecto S_I é suficiente e que o sistema S é livre para o fim em vista.

Se não for uma aplicação, temos de fazer uma modificação do conjunto objecto.

3. MODIFICAÇÕES DO CONJUNTO OBJECTO

Temos, porém, mais que uma forma de conseguir esta modificação. Distinguiremos quatro casos puros: extensão do espaço de observação, extensão do sistema observado, partição do sistema observado e escolha dum meio exterior conveniente

Extensão do espaço de observação

Uma primeira via de solução do problema pode consistir simplesmente em melhorar a definição do estado inicial, por acrescentamento de alguns critérios adicionais. Este caminho identifica-se, na prática, com o da ampliação simultânea dos conjuntos objecto e imagem, como veremos adiante.

Seja

$$C_{I'} = \{ C_i : i \in I' \} \tag{3}$$

o conjunto desses critérios adicionais e seja

$$J = I \cup I' \tag{4}$$

O novo conjunto objecto será então o obtido pelo conjunto

$$C_J = C_I \cup C_{I'} = \{ C_i : i \in J \} \tag{5}$$

À semelhança do caso anterior, seja

$$S_J = C_J < S > \tag{6}$$

a imagem de S por C_J.

Relembremos — Ref. [1] — que um conjunto de critérios de observação C_J do sistema S define uma relação de equivalência $\mathcal{R}_J$ em S, sendo cada $E_J \in S/\mathcal{R}_J$ um estado observado.

Se forem, portanto,

$$e_i , e_j \in E_J \tag{7}$$

tem-se

$$C_J(e_i) = C_J(e_j) \tag{8}$$

o que significa que

$$(\forall k \in J)\ [C_k(e_i) = C_k(e_j)] \tag{9}$$

Ora, como

$$I \subset J \tag{10}$$

vem, por mais forte razão, que

$$(\forall k \in I)\ [C_k(e_i) = C_k(e_j)] \tag{11}$$

ou seja, que

$$C_I(e_i) = C_I(e_j) \tag{12}$$

e, portanto, que e_i e e_j pertencem à mesma classe de equivalência $E_I \in S/\mathcal{R}_I$, em que $\mathcal{R}_I$ é a relação de equivalência definida em S por C_I.

Provámos, assim, que se e_i e e_j forem equivalentes por $\mathcal{R}_J$ também o são por $\mathcal{R}_I$, isto é, em linguagem formal

$$[(C_I \subset C_J) \wedge e_i\, \mathcal{R}_J\, e_j] \rightarrow e_i\, \mathcal{R}_I\, e_j \tag{13}$$

Desta maneira, cada classe $E_J \in S/\mathcal{R}_J$ é um sub-conjunto de uma certa classe $E_I \in S/\mathcal{R}_I$.

Por outras palavras, se o conjunto de critérios C_I for ampliado por inclusão de novos critérios, para obter um novo conjunto C_J, cada novo estado observado E_J é um sub-conjunto de um dos anteriores estados observados E_I.

Como entre $S/\mathcal{R}_I$ e S_I (e idênticamente entre $S/\mathcal{R}_J$ e S_J) existe uma bijecção — Ref. [1] —, cada ponto do novo conjunto objecto S_J, obtido com esta ampliação, representa uma parte — própria ou imprópria — dos estados de S anteriormente representados por certo ponto de S_I. Podemos, por isso, esperar que se obtenha melhor descriminação dos estados iniciais, com eventual redução das multivocidades existentes na correspondência de S_I sobre S_I^{R+}.

Se for possível, por esta via, encontrar um conjunto C_J de critérios de observação tal que a correspondência obtida de S_J sobre S_I^{R+} seja uma aplicação, poderemos afirmar que o sistema S é livre, no que se refere ao problema em estudo, visto que existe uma imagem do seu estado inicial que explica inteiramente a imagem pretendida da sua evolução posterior.

O caminho seguido foi-nos sugerido pelo objectivo em vista. Assim limitámo-nos a subdividir o conjunto objecto para atingir a univocidade da correspondência com o conjunto imagem primitivo. Verifica-se, porém, na prática, que se a ampliação do conjunto de critérios de observação C_I para C_J conduzir à obtenção duma aplicação de S_J sobre S_I^{R+}, também se obtém uma aplicação de S_J sobre S_J^{R+}.

Quer dizer, quando esta via é fecunda, ela conduz à prova de que S é livre (vidè 2.) para o conjunto de critérios C_J, que inclui o primitivo C_I. Ora, dado qualquer $C_K \subset C_J$ e chamando

$$S_K = C_K < S > \tag{14}$$

e existindo uma aplicação de S_J sobre S_J^{R+}, desta é fácil extrair uma aplicação de S_J sobre S_K^{R+}.

Isto é, se S for livre, à maneira do parágrafo 2., para C_J, então é livre, à maneira do parágrafo 3., para qualquer $C_K \subset C_J$.

A extensão do espaço de observação nem sempre se revela eficaz para transformar a correspondência original numa aplicação. Poderemos então afirmar que o sistema S funciona em regime forçado? Não necessàriamente. Apenas poderemos dizer que não fomos capazes de explicar o comportamento de S por motivos intrínsecos, isto é, que não fomos capazes de demonstrar que S é livre no problema em estudo.

Extensão do sistema observado

Seja ainda dado um sistema S, observado pelo conjunto de critérios C_I e admitamos que a correspondência de S_I em S_I^{R+} não é uma aplicação.

Definamos, então, outro sistema T e observemo-lo por meio do mesmo conjunto de critérios C_I. Tomemos uma base de referência totalmente ordenada R^+, comum a ambos os sistemas, de forma a podermos definir estados simultâneos (segundo R^+) de S e de T.

Chamemos, como temos feito anteriormente,

$$S_I = C_I < S > \tag{15}$$

$$T_I = C_I < T > \tag{16}$$

Formemos o produto cartesiano $S_I \times T_I$ e procuremos obter uma correspondência de $S_I \times T_I$ sobre S_I^{R+}, tal que a cada elemento $(E_{IS}, E_{IT}) \varepsilon S_I \times T_I$ correspondam a ou as sequências de imagens E_{IS} de S que este possa sofrer a partir do instante — ponto de R^+ — em que S e T registavam os estados aparentes simultâneos E_{IS} e E_{IT}.

Pode acontecer que por esta via, possamos definir um sistema T, tal que a correspondência obtida seja uma aplicação.

Ora nós poderíamos construir um novo sistema S', conjunto de estados, ou entes — Ref. [1] —, cada um dos quais reunisse os entes simultâneos de S e de T. Nesse caso, aplicar C_I a S ou a T é observar uma parte do sistema S', sem nenhum recurso ao exterior a S'. Por outras palavras, estamos a aplicar um certo conjunto C_J de critérios — que seria preciso definir — a S'.

Se tivermos conseguido encontrar uma aplicação de $S_I \times T_I$ sobre S_I^{R+}, isso significará, em geral, que o sistema S' é livre para os critérios C_J.

Neste caso, diremos que o sistema S é forçado, mas faz parte dum sistema S' que evolui em regime livre.

Partição do sistema observado

Existe uma outra via de solução, de certo modo oposta à anterior. Seja dado um sistema S, observado pelo conjunto de critérios C_I e admitamos que a correspondência de S_I em S_I^{R+} não é uma aplicação.

Operemos a divisão do sistema S em dois sub-sistemas T e U e apliquemos os mesmos critérios C_I a ambos os sistemas T e U. Tomemos uma base de referência totalmente ordenada R^+, comum a ambos os sistemas, de forma a podermos definir estados simultâneos (segundo R^+) de T e de U.

Chamemos, como antes

$$T_I = C_I \quad \langle T \rangle \tag{17}$$

$$U_I = C_I \quad \langle U \rangle \tag{18}$$

Formemos o produto cartesiano $T_I \times U_I$ e procuremos obter uma correspondência de $T_I \times U_I$ sobre S_I^{R+}, tal que a cada elemento $(E_{IT}, E_{IU}) \varepsilon T_I \times U_I$ correspondam a ou as sequências de imagens E_{IS} de S que este possa sofrer a partir do instante — ponto de R^+ — em que T e U registavam os estados aparentes simultâneos E_{IT} e E_{IU}.

Pode acontecer que, por esta via, possamos definir uma partição de S em T e U, tal que a correspondência obtida seja uma aplicação.

Neste caso, poderemos afirmar que S é livre para o problema em estudo. Efectivamente, pelo que dissemos no parágrafo anterior, aplicar C_I a T e a U é observar S por certos critérios C_J.

O sistema S seria então livre em relação ao conjunto de critérios C_J, sendo esta via de certo modo similar da de extensão do espaço de observação.

Escolha dum meio exterior conveniente

Existe outra via, distinta das anteriores, que permite também, em muitos casos, a transformação da correspondência original numa aplicação, por extensão do conjunto objecto.

Seja dado, como anteriormente, um sistema S, observado pelo conjunto de critérios C_I e admitamos que a correspondência de S_I em S_I^{R+} não é uma aplicação.

Procuremos, então, um outro sistema M, a que chamaremos meio exterior, e observemo-lo por meio do mesmo conjunto de critérios C_I. Usando a mesma base ordenada de referência R^+, que serve para a definição das sequências de estados observados de S, construamos o conjunto M_I^{R+} das sequências de estados observados de M.

Formemos o produto cartesiano $S_I \times M_I^{R+}$. Cada elemento deste novo conjunto é um par ordenado, constituído por um certo estado observado $E_O \varepsilon S_I$ e por uma certa sequência $\sigma_M \varepsilon M_I^{R+}$.

Busquemos, agora, a correspondência de $S_I \times M_I^{R+}$ sobre S_I^{R+} tal que, a cada par (E_O, σ_M) faça corresponder a ou as sequências de estados observados de S, que este possa sofrer com início em E_O, em simultaneidade — segundo R^+ — com a sequência σ_M do seu meio exterior. Estamos, assim, a procurar explicar o comportamento de S por uma correlação com o comportamento simultâneo de M.

Quando se atinge, por esta via, uma correspondência unívoca, isto é, uma aplicação, considera-se que o sistema S evolui em regime forçado, sendo M o sistema que influi sobre ele. No entanto, deve notar-se que esta afirmação tem certo carácter axiomático, visto que apenas se verificou a existência de uma interacção entre M

e S, sem que se pretenda saber se é M que determina o comportamento de S, ou S que determina o de M.

Soluções híbridas

As quatro vias apontadas não são mùtuamente exclusivas. Pelo contrário, as soluções mais frequentes terão de ser híbridas.

Assim, ao fazermos a extensão do sistema observado S, por adjunção de T, podemos simultâneamente ampliar o espaço de observação de S e/ou de T, passando dos critérios C_I para os critérios C_L e C_K tais que $C_I \subset C_L$ e $C_I \subset C_K$.

Obteremos uma correspondência de $S_L \times T_K$ sobre S_I^{R+}.

Do mesmo modo, ao mesmo tempo que se opera a partição de S em T e U, podemos ampliar o espaço de observação de T e/ou de U, obtendo-se uma correspondência de $T_L \times U_K$ sobre S_I^{R+}.

A ampliação do espaço de observação de S e/ou de M pode também fazer-se paralelamente à escolha do meio exterior M, obtendo-se uma correspondência de $S_L \times M_K^{R+}$ sobre S_I^{R+}.

Pode fazer-se ainda a ampliação do sistema observado, simultâneamente com a partição do mesmo sistema. Teremos, então, a partição de S em T e U, com a simultânea consideração do sistema adicional V. Obteremos uma correspondência de $T_I \times U_I \times V_I$ sobre S_I^{R+}.

Também é possível a ampliação do sistema observado, juntamente com a escolha do meio exterior, caso em que teremos uma correspondência de $S_I \times T_I \times M_I^{R+}$ sobre S_I^{R+}.

Outra solução pode ser a partição do sistema observado, com a escolha dum meio exterior. Teremos, então, uma correspondência de $T_I \times U_I \times M_I^{R+}$ sobre S_I^{R+}.

Finalmente, a solução geral será a de usar as quatro vias conjuntamente, obtendo uma correspondência de $T_I \times U_K \times V_L \times M_H^{R+}$ sobre S_I^{R+}.

Em qualquer dos casos, o objectivo é conseguir que a correspondência obtida seja uma aplicação.

Sempre que seja preciso recorrer a um meio exterior, o sistema diz-se forçado. A simples necessidade de extensão do sistema observado já nos leva a dizer que S é forçado, pois o sistema auxiliar T é um meio exterior de cuja sequência de estados só é relevante o estado inicial. Neste caso, S fica a ser um sub-sistema dum sistema livre. O sistema S só se diz livre se a aplicação se obtiver por mera extensão do seu espaço de observação e/ou por partição do sistema S.

4. SISTEMAS EM REGIME FORÇADO

Veremos que qualquer sistema em regime forçado pode ser considerado como um operador no fluxo da informação, pois através dele se obtém a tranformação duma aplicação em outra aplicação, tendo ambas o mesmo conjunto objecto. Antes, porém, abordaremos dois temas marginais, com certa importância para a formulação de problemas deste tipo.

Anterioridade das causas

Quando se admite o princípio da causalidade, admite-se também que, pelo menos na ordem temporal, as causas antecedem sempre os efeitos. Vejamos o resultado da aplicação desta hipótese, em muitos casos verificada pela experiência, às correspondências definidoras do comportamento de sistemas em regime forçado.

Reportamo-nos ao tipo de correspondência que consideramos mais normal: Sistema S forçado pelo meio exterior M, com ampliação dos espaços de observação de S e de M, isto é, aplicação de $S_L \times M_K^{R+}$ sobre S_I^{R+}. Dados $E_L \in S_L$ e $\sigma_M \in M_K^{R+}$, esta aplicação dá como imagem do par (E_L, σ_M) uma sequência $\sigma_S \in S_I^{R+}$, única possível para S — segundo os critérios C_I — quando o seu estado aparente inicial é E_L — segundo os critérios C_L — e M sofre uma evolução a que corresponde uma sequência de estados aparentes σ_M.

Mas σ_S é uma sequência de estados aparentes de S. Lembremos — Ref. [2] — que σ_S é uma aplicação de R^+ em S_I, que a cada instante $i \in R^+$ faz corresponder um estado $E_{Ii} \in S_I$. Anàlogamente σ_M é uma aplicação de R^+ em M_K, que a cada $i \in R^+$ faz corresponder um estado $E_{Ki} \in M_K$.

A anterioridade das causas em relação aos efeitos permitirá então afirmar que:

$$E_{Ii} = \sigma_S\ (i) \tag{19}$$

depende apenas de E_L, estado inicial de S, e da restrição da sequência σ_M ao segmento

$$[0, i\,[\subset R^+ \tag{20}$$

Desdobramento das causas

Sabemos — Ref [1] — que a qualquer estado observado do meio exterior M corresponde uma imagem $E_K \varepsilon M_K$ que é uma multiplicidade ordenada de valorizações, isto é,

$$E_K = (v_k)_{k \varepsilon K} \tag{21}$$

Temos mesmo chamado, de forma simplista, estado observado à própria multiplicidade que lhe corresponde.

Façamos uma partição do conjunto K em n conjuntos mùtuamente disjuntos

$$K = K_1 \cup K_2 \cup \ldots \cup K_n \tag{22}$$

Poderemos então, com as valorizações que constituiam a multiplicidade E_K, constituir agora n multiplicidades $E_{K1}, E_{K2}, \ldots, E_{Kn}$, dadas por

$$\begin{cases} E_{K1} = (v_k)_{k \varepsilon K_1} \\ E_{K2} = (v_k)_{k \varepsilon K_2} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ E_{Kn} = (v_k)_{k \varepsilon K_n} \end{cases} \tag{23}$$

Cada uma das novas multiplicidades representa ainda um estado observado de M, segundo diferentes sub-conjuntos $C_{K1}, C_{K2}, \ldots, C_{Kn}$ do conjunto global de critérios de observação C_K.

Consequentemente, dada uma qualquer sequência $\sigma_M \varepsilon M_K^{R+}$, esta pode dar origem a n sequências $\sigma_{M1} \varepsilon M_{K1}^{R+}$, $\sigma_{M2} \varepsilon M_{K2}^{R+}, \ldots, \sigma_{Mn} \varepsilon M_{Kn}^{R+}$. Estas novas sequências, aplicações de R^+ respectivamente em $M_{K1}, M_{K2}, \ldots, M_{Kn}$, são geradas ponto por ponto, a partir de σ_M. Assim, dado $i \varepsilon R^+$, se for

$$\sigma_M (i) = E_{K\,i} \tag{24}$$

faremos

$$\begin{cases} \sigma_{M1} (i) = E_{K1\,i} \\ \sigma_{M2} (i) = E_{K2\,i} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \sigma_{Mn} (i) = E_{Kn\,i} \end{cases} \tag{25}$$

sendo $E_{K1\,i}, E_{K2\,i}, \ldots, E_{Kn\,i}$ as sub-multiplicidades resultantes da decomposição de $E_{K\,i}$ efectuada como em (23).

Este desdobramento duma sequência em várias sequências, referidas a espaços de observação mais simples, tem especial interesse quando os novos espaços de observação $M_{K1}, M_{K2}, \ldots, M_{Kn}$ podem ser cada um deles obtido a partir dum sub-sistema do sistema original M. Teremos, então, substituído a sequência σ_M de estados do meio exterior por várias sequências simultâneas $\sigma_{M1}, \sigma_{M2}, \ldots, \sigma_{Mn}$ de diferentes sistemas, que foram desanexados de M.

Admitamos agora que era dado um sistema S, cujo comportamento se definia por uma aplicação de $S_L \times M_K^{R+}$ em S_I^{R+}. A substituição da sequência $\sigma_M \varepsilon M_K^{R+}$ pela multiplicidade de sequências $(\sigma_{M1}, \sigma_{M2}, \ldots, \sigma_{Mn})$ obriga-nos a substituir o conjunto objecto da aplicação dada, passando S a ser definido por uma aplicação de $S_L \times M_{K1}^{R+} \times M_{K2}^{R+} \times \ldots \times M_{Kn}^{R+}$ sobre S_I^{R+}.

Se o desdobramento da sequência σ_M permitiu a pulverização do meio exterior M em sistemas $M_1, M_2, \ldots, M_n$, teremos uma de $S_L \times M_{1K1}^{R+} \times M_{2K2}^{R+} \times \ldots \times M_{nKn}^{R+}$ sobre S_I^{R+}.

Quando se procede deste modo, pode continuar-se a chamar meio exterior a um dos sistemas resultantes da pulverização de M.

Operadores no fluxo de informação

Dados dois conjuntos de aplicações A e B, chama-se operador a qualquer aplicação de A sobre B.

Retomemos a forma que considerámos mais habitual na descrição do funcionamento dum sistema S: uma aplicação de $S_L \times M_K^{R+}$ sobre S_I^{R+}. Reparemos que M_K^{R+} e S_I^{R+} são dois conjuntos de aplicações.

Para cada estado inicial $E_{LS} \varepsilon S_L$, o sistema S funciona então como um operador que, aplicado a cada sequência $\sigma_M \varepsilon M_K^{R+}$ — aplicação de R^+ em M_K —, produz uma nova sequência $\sigma_S \varepsilon S_I^{R+}$ — aplicação de R^+ em S_I. Este sistema S representa, assim, uma família de operadores — um determinado operador para cada $E_{LS} \varepsilon S_L$.

Pelo que dissemos no parágrafo anterior, acerca da possibilidade de desdobrar a sequência σ_M, pulverizando o meio exterior em vários sistemas, veremos frequentemente aparecer-nos um sistema S definido por uma aplicação mais complexa. Pare-

ceria então que ele transformaria não uma, mas várias aplicações de R^+ em vários conjuntos imagem produzindo uma única aplicação de R^+ em S_I.

Mas o processo inverso do que foi seguido no parágrafo anterior permite, com facilidade, reconstituir uma única sequência σ_M, a partir das várias sequências dadas; voltaremos, assim, a ter o sistema S definido como atrás.

Vimos, ainda, na parte final de 3., que a aplicação definidora de S poderia ser de $T_J \times U_K \times V_L \times M_H^{R+}$ sobre S_I^{R+}. Estamos num caso semelhante ao anterior, em que apenas haverá a considerar o sistema S como representando uma família de operadores — um determinado operador para cada estado inicial generalizado $(E_{JT}, E_{KU}, E_{LV}) \in T_J \times U_K \times V_L$.

Verificámos que, em qualquer caso, um sistema S pode ser assimilado a uma família de operadores no fluxo de informação, sendo o operador escolhido entre a família pela definição das condições iniciais — do próprio sistema ou duma sua extensão e/ou partição nos casos em que isso seja pertinente.

5. SISTEMAS EM REGIME MAL DEFINIDO

Tratámos, até aqui, de sistemas em regime livre e de sistemas em regime forçado. De qualquer forma, de casos em que foi possível atingir o nível de aplicação.

Mas, como vimos em 1., os casos mais frequentes são aqueles em que temos de renunciar à pura univocidade e de admitir que existem várias possibilidades de resposta do sistema às mesmas situações iniciais e às mesmas excitações exteriores conhecidas.

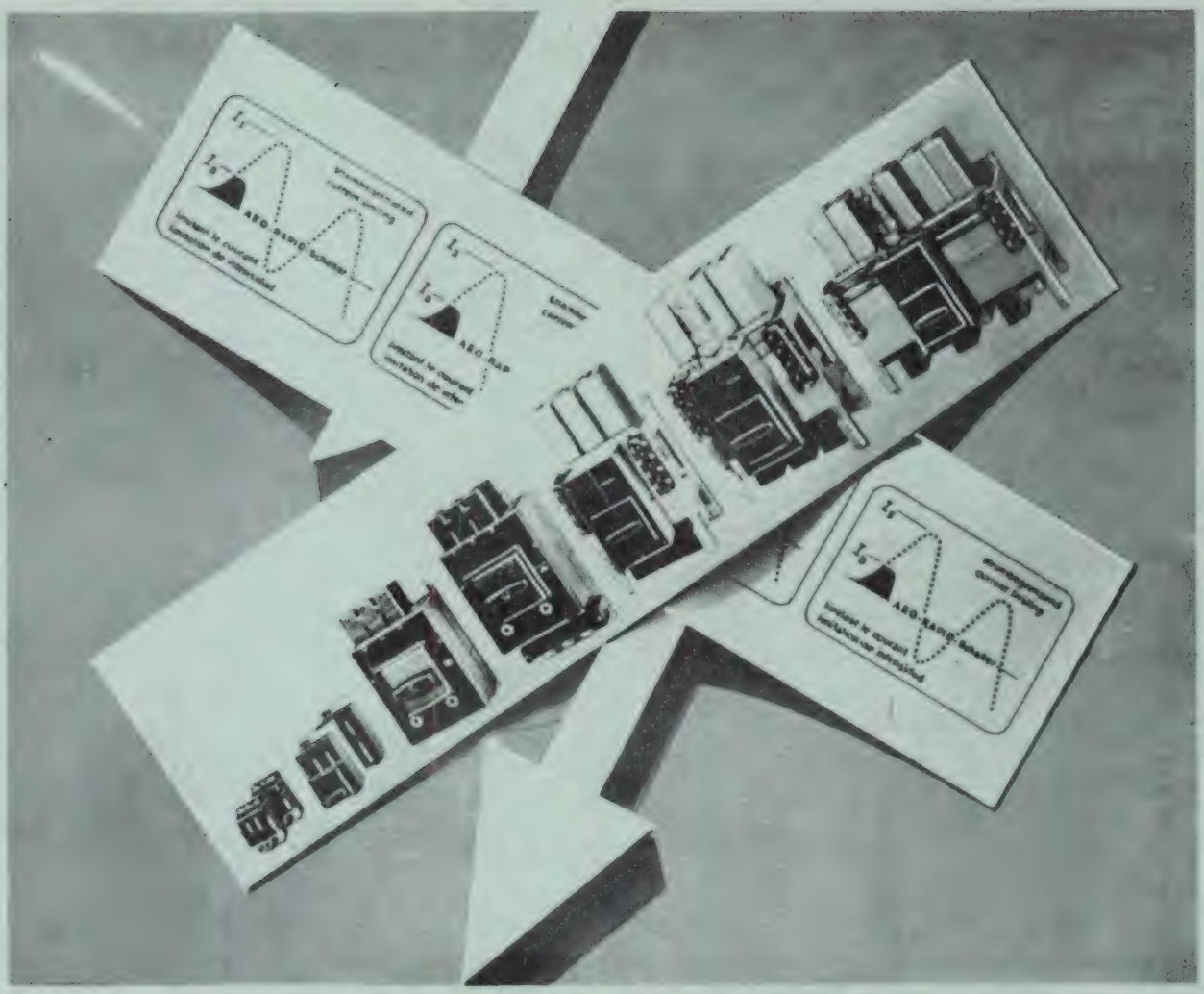
Diremos, nesse caso, que o sistema evolui em regime mal definido, ou que existe um resíduo não explicado.

É vulgar, então, tomar-se a atitude de escolher entre os vários comportamentos para o sistema, um que se considere normal, construindo assim, artificialmente, uma aplicação — por exemplo tomando o comportamento médio. Os desvios registados em relação a este comportamento médio atribuem-se depois a influências exógenas desconhecidas (perturbações).

REFERÊNCIAS

[1] "Introdução ao estudo dos sistemas", Luís Maltez, in Técnica 378, Maio 1968.

[2] "Trajectória dum sistema", Luís Maltez, in Técnica 381, Outubro 1968.



dist Belarte

Qualquer destes nove-tipos de disjuntores é mais rápido do que o curto-circuito

AEG

Os disjuntores AEG-RAPID são disjuntores limitadores de corrente. A sua rapidez de actuação e tal, que qualquer curto-circuito é eliminado logo à nascença.

Os disjuntores AEG-RAPID limitam a grandeza e a duração duma corrente de curto-circuito a valores inofensivos. Com estes disjuntores, a instalação fica sòmente submetida a 20 % de solicitação dinâmica, ao contrário do que sucedia com os disjuntores de construção mais antiga. Assim, deixam de verificar-se as usuais quebras de apoios e deformações dos barramentos. Há sòmente que contar com 10 % de sobrecarga térmica, eliminando-se assim incêndios em cabos e celas. Por outro lado, não surgem deteriorações resultantes de arcos voltaicos migratórios, na medida em que o curto-circuito fica limitado ao local onde se originou.

Como vantagem consequente teremos: Produção processual sem interferências e sem avarias secundárias. O disjuntor AEG-RAPID é fabricado para a gama de 16 A a 2000 A, 500 V 3~ e um poder de corte até 100 kA.

Aproveite V. a oportunidade, elabore os projectos do futuro, recorrendo a disjuntores de avançada concepção técnica.

A AEG está sempre, com prazer, ao v/ dispor para quaisquer esclarecimentos.

em toda a parte aparelhagem de corte AEG *

AEG-LUSITANA DE ELECTRICIDADE

* um sinal de progresso, segurança e confiança

FILTROS TECIDOS

PARA GAZES E LÍQUIDOS
EM PEÇAS, PANOS, MANGAS OU SACOS

DE QUALQUER FIBRA NATURAL OU SINTÉTICA

FANAFEL

FÁBRICA NACIONAL DE FELTROS INDUSTRIAIS
SOCIEDADE LIMITADA

APART.: 9
TELEFS.: 52091 PBX
TELEG.: FELTROS

OVAR
PORTUGAL

ESCRITÓRIO E FÁBRICA
ESTRADA DE S. JOÃO

Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações, L.da

(SONDADORA)

SONDAGENS geológicas e geotécnicas — CAPTAÇÕES de águas subterrâneas — REBAIXAMENTOS do nível freático — CONSOLIDAÇÕES E ESTABILIZAÇÃO do solo — INJECÇÕES DE CIMENTO e outros produtos — INFRAESTRUTURAS de barragens, túneis e pontes — FUNDAÇÕES de todos os tipos

Única Empresa da especialidade com sede no Ultramar Português

DELEGAÇÃO - LISBOA
R.S.Pedro de Alcântara, 1
Tel. 32 46 93 e 21 32 56

SEDE - LUANDA
Rua Serpa Pinto, 60
C.P.2178 - Tel.4226

MOÇAMBIQUE
L.Marques - C.P.982 - Tel.741121
Beira - C.P. 1002 - Tel. 71497

C. D. U. 666.3:54

ACTUALIZAÇÃO DOS MÉTODOS DE ANÁLISE QUÍMICA DE ARGILAS

por Eng. MARIA DO ROSÁRIO TAVARES CRAVO
Especialista do Laboratório Nacional de Engenharia Civil

RESUMO

Estabelece-se o paralelo entre a análise de argilas pelos processos clássicos e um esquema de análise em que se adoptam métodos complexométricos e absorciométricos e comparam-se os resultados obtidos nos dois casos, concluindo-se que, no segundo, se consegue, aliada a uma maior rapidez, uma boa precisão.

SYNOPSIS

The author parallels classical methods of clay analysis with a procedure combining complexiometric and absorptiomectric methods, and compares the results obtained in one and the other case, concluding that the second technique is fairly accurate in addition to being quicker.

1 — INTRODUÇÃO

Os estudos efectuados no LNEC e referentes ao processo 24/5/356, «Estudo de técnicas físico-químicas para apreciação das matérias-primas das indústrias de cerâmica e cimentos e dos respectivos produtos acabados», incluiram a realização da análise química completa de 25 argilas. Este facto proporcionou a possibilidade de se tentar uma actualização dos processos de análise até então utilizados, no sentido de se empregarem métodos que facultassem resultados com maior brevidade (o que era particularmente desejado) sem prejuízo do grau de precisão.

Os ensaios efectuados mostraram que o objectivo se atingiu perfeitamente com o esquema e métodos de análise a que se refere o presente trabalho, os quais pertencem, ou se equiparam, aos que mais recentemente vão sendo adoptados em outros países.

2 — AS DETERMINAÇÕES QUÍMICAS MAIS CORRENTEMENTE EFECTUADAS

Dada a constituição das argilas, há um conjunto de determinações analíticas que são efectuadas com maior frequência, ao passo que só em casos particulares se fazem outras, como sejam as de elementos que ocorrem mais raramente, ou em menor teor, ou que não influem nas aplicações a dar aos materiais. Entre aquelas determinações, e tal como para a maioria dos produtos siliciosos, as de sílica e óxidos de ferro, titânio, alumínio, cálcio e magnésio encontram-se na análise clássica muito interligadas pois, por exemplo, é possível, e também necessário, efectuá-las no seguimento umas das outras.

Sobre este grupo de determinações incidiu fundamentalmente o presente trabalho, já porque são as mais correntemente solicitadas, já porque a sua execução é, pelos processos clássicos, bastante morosa, convindo portanto realizá-las por métodos mais rápidos.

Em certos casos apenas interessa conhecer os teores em sílica, alumina e óxido de ferro, determinações que são frequentemente solicitadas à Divisão de Química. Também este caso foi considerado no presente estudo, tendo-se mostrado a solução agora adoptada particularmente vantajosa, como se dirá.

3 — MARCHA DE ANALISE CLÁSSICA

Um dos esquemas de análise mais frequentemente utilizado no conjunto de determinações referidas é o seguido na Divisão Química e que se resume na fig. 1.

Visto que apenas se pretende dar uma ideia do conjunto de operações a efectuar, já suficientemente conhecidas, omite-se a sua descrição, tanto mais que serão referidas no seguimento da exposição quando forem comparadas com as fases dos processos analíticos agora propostos. Por isso imediatamente se passa a descrever as determinações analíticas estudadas.

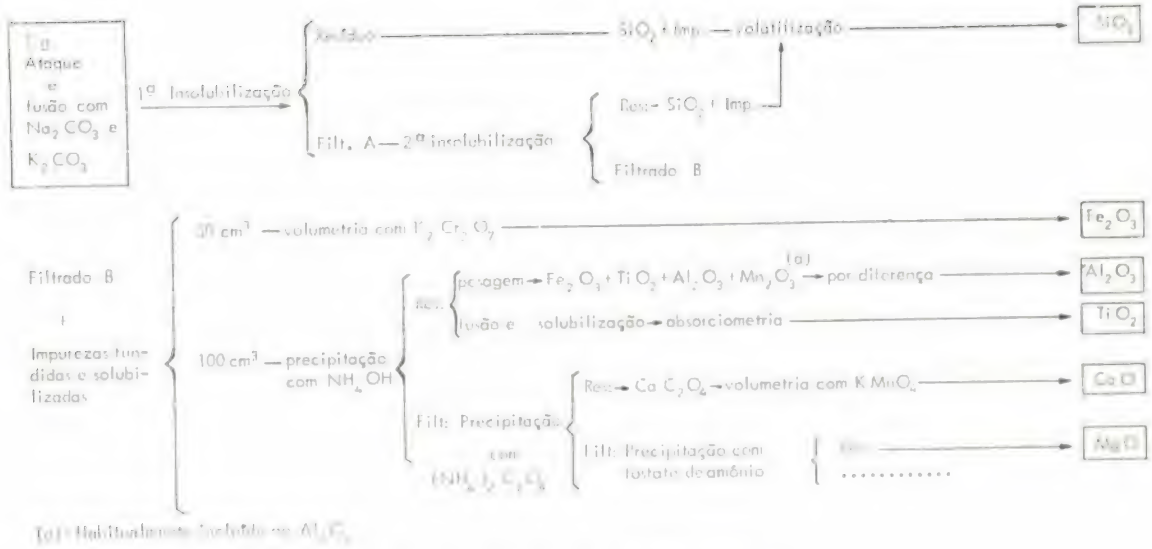


Fig. 1 — Marcha de Análise Clássica

4 — ATAQUE E INSOLUBILIZAÇÃO DA SÍLICA

Como se sabe, os materiais argilosos não são fàcilmente solúveis e por isso há que fazer uma fusão alcalina antes da análise. Para a determinação de alguns componentes, e em alguns casos, é possível utilizarem-se ataques ácidos que, embora não dissolvendo completamente a amostra, solubilizam contudo a parte que os contém.

Tratando-se dos componentes principais e menores considerados anteriormente, a fusão alcalina com Na_2CO_3 e K_2CO_3 é conveniente na maior parte dos casos e permite a realização subsequente do conjunto das determinações. Por isso se manteve este processo de ataque para os métodos estudados.

5 — DOSEAMENTO DA SÍLICA

5.1 — Os processos clássico e de absorciometria da sílica remanescente

Efectuada a fusão, no esquema de análise apresentado procede-se à insolubilização da sílica em meio clorídrico. Quando esta operação se realiza na ausência de qualquer desidratante ou coagulante do gel formado, é demorada por ser necessário levar a solução à secura e manter este estado durante certo tempo (em regra uma hora) e, além disso, é incompleta. Assim, necessita-se pelo menos de uma segunda insolubilização, o que acarreta uma perda de tempo considerável não só para a própria determinação mas, sobretudo, para as seguintes. Com efeito a execução destas exige que se adicionem ao filtrado as impurezas retidas pelo precipitado da sílica, as quais só podem ser retomadas após a volatilização desta por tratamento com ácidos fluorídrico e sulfúrico seguida de fusão do resíduo. É possível conseguir-se uma economia de tempo apreciável (nunca menos de um dia de trabalho) se se omitir a segunda insolubilização e se determinar a quantidade de sílica que permanece em solução por absorciometria. Aliás, mesmo no caso de duas insolubilizações, se se pretender uma precisão muito elevada, convirá proceder a esta determinação.

O problema, que poderia surgir, de interferência desta sílica nos doseamentos seguintes, existiria, no esquema clássico de análise, para a determinação gravimétrica do grupo R_2O_3 e, em última instância, para a da alumina, visto que se determina por diferença. Com os métodos agora estudados não há que considerar tal problema.

Obtido o filtrado da sílica, deve proceder-se ràpidamente ao doseamento absorciométrico a fim de evitar não só a contaminação pela sílica do vidro (convém utilizar material plástico) como uma eventual transformação da sílica remanescente em forma «não reactiva» para com o reagente a utilizar.

Outra vantagem a apontar é que, sendo as tomas a efectuar muito pequenas, não há qual-

quer inconveniente do ponto de vista de dispêndio do filtrado necessário para outras determinações.

Reduzidas as evaporações necessárias a uma apenas, esta tornar-se-á mais rápida se a fusão da amostra for efectuada na própria cápsula de platina em que se irá proceder à desidratação, pois isso permitirá que o volume total de líquidos a eliminar seja muito menor do que no caso de se ter utilizado um cadinho.

Ùltimamente [8] tem-se procurado a substituição desta única evaporação à secura por uma evaporação menos demorada na presença de agentes coagulantes do gel de sílica que não venham a interferir nos doseamentos a realizar posteriormente no filtrado resultante. Parece terem-se mostrado prometedores os polímeros de óxido de etileno designados por «Poliox». Esta variante não foi contudo ainda experimentada no LNEC.

5.2 — Resumo do método absorciométrico e particularidades que apresenta

Provoca-se inicialmente, por adição de molibdato de amónio, a formação do complexo sílico-molíbdico; este é em seguida reduzido para dar o chamado «azul de molibdénio», que se presta a medições absorciométricas.

O redutor utilizado é o ferro (II) e o doseamento faz-se em presença de excesso de sais de ferro (III). Elimina-se a interferência (até 10 % de P_2O_5) do ião fosfato, cuja presença é mais provável, com ácido oxálico. Este ácido, quando adicionado antes do molibdato de amónio, inibe a formação do complexo e a sua redução. Assim, aproveita-se este facto para se obter um valor já corrigido da cor própria da solução e dos reagentes adicionados, o que se consegue tomando como solução de referência uma parte alíquota tratada deste modo, ou seja, com adição de ácido oxálico antes do molibdato. A execução de um ensaio testemunha permite a correcção dos resultados em relação à sílica introduzida nas operações precedentes pelo material ou reagentes.

A escala de soluções de concentração conhecida que se utiliza para a construção da curva de calibragem obtém-se a partir do filtrado da insolubilização da sílica, a que se adicionam quantidades convenientes de solução padrão de sílica. A curva é assim traçada em condições análogas àquelas em que vai ser utilizada.

5.3 — Ensaios efectuados

A oito argilas, de que já anteriormente se haviam determinado os teores em sílica efectuando a dupla insolubilização, aplicou-se a técnica descrita tendo-se encontrado os resultados do quadro I.

Pode verificar-se que os resultados são concordantes. Tendo-se efectuado ensaios em duplicado para duas amostras, os resultados encontrados (quadro II) mostram que a diferença está dentro dos limites indicados no projecto de norma DIN 51070-Blatt 2, donde foi retirado o método absorciométrico escolhido, que se descreve em anexo. Com efeito, esta norma indica para diferença máxima entre duplicados 0,70 % para teores em sílica maiores que 50 %, e 0,56 % para

QUADRO I — Teores em SiO_2 (%)

Amostra	Gravimetria (2 insolubil.) (a)	Gravimetria (1 insolubilização)	Absorciometria	Total (b)	Diferença entre (a) e (b)
1	57,54	57,21	0,47	57,68	— 0,14
2	49,82	49,14	0,14	49,28	+ 0,54
3	57,08	56,75	0,18	56,93	+ 0,15
4	46,56	46,08	0,44	46,52	+ 0,04
5	51,80	51,55	0,25	51,80	0,00
6	57,90	57,69	0,15	57,84	+ 0,06
7	59,30	58,72	0,68	59,40	— 0,10
8	59,60	59,23	0,48	59,71	— 0,21

teores de 10 a 50 %, o que, aliás, inclui até as diferenças encontradas para os resultados gravimétrico e total gravimétrico + absorcimétrico.

QUADRO II — Teores em $Si\ O_2$ (duplicados)

Amostra	1.º ensaio	2.º ensaio	Δ
4	46,52	46,46	+ 0,06
5	51,80	51,93	— 0,13

6 — DOSEAMENTO DO FERRO

6.1 — Os métodos volumétrico e absorciométrico

O doseamento do ferro efectuava-se por volumetria a partir de uma toma retirada do filtrado da separação da sílica e correspondente a 0,2 g da amostra. Contudo, em casos de teores baixos, esta toma poderia considerar-se ainda deficiente.

Seguia-se o processo clássico de volumetria de oxidação-redução pelo dicromato cuja síntese é: provoca-se a redução do ferro pelo cloreto de estanho (II), elimina-se o excesso deste reagente por oxidação com cloreto de mercúrio (II) e procede-se à titulação do ferro (II) com dicromato de potássio, usando como indicador o derivado sulfonado da difenilamina. Opera-se em presença de ácido fosfórico que complexa o Fe (III) e elimina assim a influência, na viragem, da coloração que lhe é própria e, além disso, baixa o potencial do sistema Fe (III) / Fe (II) o que favorece a oxidação pelo dicromato.

O processo não é de execução morosa; contudo tem vindo a ser preterido por processos de doseamento volumétricos com EDTA e sobretudo por processos absorciométricos, entre os quais se tem revelado de grande precisão e de aplicação a inúmeros materiais o que utiliza a ortofenantrolina.

O doseamento do ferro por absorciometria com este reagente, que foi o processo escolhido, apresenta a vantagem de uma grande rapidez aliada a duas outras: a redução da parte alíquota a retirar do filtrado e a facilidade de aplicação à determinação do ferro (II). Com efeito, bastará que o ataque da amostra seja realizado em condições não oxidantes para serem aplicáveis o método e a curva de calibragem traçada, como decorrerá e se indica mais adiante.

A pequenez da toma a efectuar permite que se possam retirar outras para as demais determinações, sem que o total exija um provete maior ou maior número de provetes.

6.2 — Resumo do processo absorciométrico e particularidades que apresenta

O líquido retirado do filtrado proveniente da separação da sílica leva-se e tampona-se a pH = = 3,5 para evitar precipitação dos hidróxidos. Junta-se cloreto de hidroxilamónio ($NH_2.OH.HCl$) que reduz o ferro (III) a ferro (II). Como este forma com a orto-fenantrolina um complexo de cor vermelha que se presta a medições absorciométricas, a adição deste reagente permite o doseamento do ferro.

Se o ataque do provete tiver sido executado em condições não oxidantes e se se omitir a adição de cloreto de hidroxilamónio pode, quando houver interesse, determinar-se o ferro (II) apenas.

A medição da densidade óptica faz-se a 510 nm, tomando-se como referência a solução do ensaio testemunha dos reagentes. Utiliza-se o processo das curvas de calibragem.

6.3 — Ensaios efectuados

Traçada a curva de calibragem respectiva, a técnica descrita em anexo foi aplicada à determinação do óxido de ferro de 25 argilas. Operou-se em duplicado para cada argila.

Os teores de óxido de ferro das amostras iam de 0,12 % a 2,50 %. O desvio padrão calculado é de $s = \pm 0{,}042\%$ que corresponde a um erro máximo a temer no limiar de 95 %, de $\pm 0{,}09\%$. O desvio máximo entre duplicados foi de 0,18 % e verificou-se apenas uma vez, seguido de 0,10 % que teve uma frequência igual a 3. Todos os valores indicados são absolutos.

Pode portanto concluir-se da boa reprodutibilidade do método.

7 — DOSEAMENTO DO TITÂNIO

7.1 — Modificações introduzidas

O doseamento do titânio efectuava-se já por absorciometria mas terminava-se por comparação visual com os termos de uma série padrão.

A determinação fazia-se no seguimento da marcha geral e tornava-se um pouco mais complicada devido às outras, o que era compensado, em certa medida, pelo facto de se aproveitarem operações comuns. Em resumo, procedia-se do modo descrito a seguir.

Retirava-se do filtrado proveniente da separação da sílica e que, como se disse, estava adicionado das impurezas retidas no precipitado desta, depois de fundidas e solubilizadas, um volume correspondente a 0,4 g e efectuava-se a precipitação dos hidróxidos com amónia. Este precipitado, visto que se pretendia dosear a alumina por diferença gravimétrica, era calcinado e pesado. Procedia-se depois à fusão e dissolução do resíduo calcinado, seguindo-se a adição dos reagentes que provocam o desenvolvimento da cor, neste caso o peróxido de hidrogénio. A comparação visual com os termos de uma escala padrão obtida com soluções de concentração de TiO_2 conhecida permitia a determinação do teor deste componente da argila.

No esquema de análise que o substituiu e a que se referem os resultados indicados adiante, o doseamento do óxido de titânio executa-se numa pequena toma do filtrado e, obtida a separação do R_2O_3 por precipitação com amónia, procede-se simplesmente à dissolução do resíduo e aplicação do processo absorciométrico.

A utilização de uma fracção menor do provete inicial o que, por exemplo, facilita filtrações e lavagens de precipitados, a omissão das operações de calcinação e fusão e o uso da curva de calibragem que, necessitando apenas confirmação, evita a preparação, em cada ensaio, da escala padrão para a comparação visual, permitem a obtenção de resultados mais fácil e ràpidamente. Dada a maior sensibilidade e precisão do absorciómetro, os resultados são de boa reprodutibilidade.

Recentemente a técnica preparatória foi ainda simplificada, pois o desenvolvimento da cor pode efectuar-se directamente na solução obtida na filtração da sílica.

7.2 — Resumo do processo absorciométrico e particularidades que apresenta

Visto que já se expôs o fundamental da preparação da solução em que se vai desenvolver a cor, refere-se agora apenas esta parte.

A adição de peróxido de hidrogénio a uma solução ácida que contenha titânio produz um complexo amarelo-alaranjado de peróxido de titânio, cuja intensidade de coloração é proporcional à concentração daquele elemento na solução. O método é preciso, pràticamente selectivo, e a coloração indefinidamente estável.

Então, obtido e dissolvido o precipitado do grupo dos hidróxidos, ou directamente a partir do filtrado da sílica, e operando em meio sulfúrico de concentração superior a 2 N, o que impede a hidrólise, basta adicionar o reagente para ser possível fazer as leituras absorciométricas, que se executam no comprimento de onda de 410 nanómetros.

A interferência do ferro, pelo menos nas argilas estudadas, pode considerar-se desprezável. Em caso de grandes teores poderá ser complexado com ácido fosfórico, que também deverá ser adicionado nos termos da escala preparada para obtenção das curvas de calibragem. Esta técnica de eliminação da interferência do ferro foi posteriormente adoptada como consta do método de análise descrito em anexo.

No caso de presença de vanádio, que não foi considerada, a determinação torna-se pouco correcta. Contudo a correcção e a determinação pode conseguir-se, dentro de certa medida, com facilidade (1).

Como se disse o processo utiliza o método das curvas de calibragem.

7.3 — Ensaios efectuados

Efectuou-se a determinação em duplicado do teor em óxido de titânio de 25 argilas. Os resultados, que se estendiam de 0,30 % a 1,80 %, apresentaram um desvio máximo de 0,20 % (absoluto) uma só vez, seguido de 0,10 % que teve frequência igual a 4. O desvio padrão calculado foi de $\pm$ 0,041 % (valor absoluto).

8 — DOSEAMENTO DO ALUMÍNIO

8.1 — Os processos por diferença e complexométrico

A determinação gravimétrica do óxido de alumínio por diferença, além de não oferecer garantias de grande precisão, já porque é um método «por diferença», já porque o precipitado do grupo

R_2O_3 contém normalmente outras substâncias além dos óxidos de ferro, alumínio e titânio, é bastante demorada. Bastará notar que, mesmo sem efectuar correcções devidas a substâncias eventualmente contidas, como SiO_2 por exemplo, para se obter o valor da alumina haverá que determinar os teores do óxido de ferro, óxido de titânio e óxido de manganês, este se em quantidade apreciável.

O doseamento pelo processo seguido agora tem a grande vantagem de ser de determinação directa e de ser imediatamente aplicável à solução obtida após separação da sílica. Esta última vantagem assume grande importância qundo se pretende conhecer apenas os teores em sílica, alumina e ferro.

O método é particularmente feliz no caso das argilas em relação a outros produtos siliciosos devido ao pequeno teor em cálcio destes materiais, como se observará mais adiante.

8.2 — Resumo do processo complexométrico e particularidades que apresenta

Entre os muitos catiões que formam complexos estáveis com o ácido etilenodiaminotetraacético e seus sais, conta-se o alumínio. Como se sabe, um dos meios de tornar selectiva a aplicação daqueles reagentes consiste na variação do pH. Assim, a pH suficientemente baixo e devido aos valores das constantes de estabilidade dos diferentes iões-complexos formados, não são complexados, por exemplo, os metais alcalino-terrosos e, deste modo, o alumínio, que o é, pode ser doseado sem que eles interfiram. Contudo, nestas condições, o EDTA também forma complexos estáveis, mais até, com o ferro e com o titânio e, para eliminar a sua interferência, haverá que recorrer a outros agentes. No caso presente aproveita-se o forte poder complexante do ião fluoreto em relação ao alumínio e o do ácido tartárico e fosfatos em relação ao titânio, maior que o do EDTA para qualquer destes metais, para conseguir a selectividade desejada.

Por outro lado, e visto que a reacção de complexação destes iões com EDTA é bastante lenta, não seria possível uma titulação directa em boas condições e por isso se prefere efectuar uma titulação por retorno.

Constam da literatura vários métodos de doseamento complexométrico do alumínio com EDTA [9], alguns ainda por diferença, outros directos mas que exigem uma extracção prévia daqueles elementos. O processo adoptado, cujo resumo se descreve a seguir, considera-se de mais simples execução.

Retira-se uma parte alíquota do filtrado da sílica e adiciona-se EDTA por forma a complexar os 3 iões, Fe^{3+}, Al^{3+} e Ti^{4+}, e leve excesso. A complexação processa-se fàcilmente a quente, devendo manter-se o pH do meio entre 5 e 6 com o auxílio de um tampão acético. Com a junção de fosfato de amónio e ácido tartárico provoca-se, à temperatura de ebulição, a destruição do complexo EDTA-Ti e impede-se assim a descomplexação do mesmo ião metálico pelo fluoreto que vai ser posteriormente adicionado. Junta-se então, cloreto de zinco até consumo do EDTA não complexado existente na solução, o que se conhece pela mudança da cor de indicador adequado.

Finalmente entra-se na parte pròpriamente dita de doseamento do alumínio. Para isso adiciona-se fluoreto de sódio que, complexando fortemente o alumímio, origina a libertação de EDTA em quantidade correspondente. A titulação desta por meio do cloreto de zinco permite o cálculo da quantidade de alumínio existente.

O ferro, no decorrer de todo o processo, mantém-se complexado pelo EDTA, dado que os reagentes adicionados não destróem o complexo respectivo.

Os indicadores mais correntemente utilizados são dois: a ditizona em meio alcoólico ou o sistema de «Brown e Hayes».

Quando se usa a ditizona (difeniltiocarbazona) a viragem processa-se como é habitual no caso de indicadores metálicos específicos. Com efeito, como este reagente forma com o zinco um complexo de cor vermelha, de menor estabilidade que o de EDTA-Zn, só quando e logo que se atinge o final da titulação do EDTA, um pequeno excesso de cloreto de zinco provoca o aparecimento daquela cor e o doseamento fica concluído.

O sistema de Brown e Hayes exemplifica um caso de utilização de um indicador de oxidação-redução em complexometria com EDTA, o que é mais raro. O indicador de oxidação-redução é a dimetilnaftidina, que funciona em conjunto com o sistema hexacianoferrato(II)-hexacianoferrato(III) (ferrocianeto-ferricianeto). O potencial deste sistema sobe bruscamente quando uma pequena quantidade de zinco, por dar origem à formação

de hexacianoferrato (II) de zinco, pouco solúvel, diminui a concentração da forma reduzida, e essa subida provoca a viragem da dimetilnaftidina para a sua forma de cor vermelha (framboesa).

Assim, no caso presente, quando o cloreto de zinco já tiver esgotado todo o EDTA, ou seja, quando se tiver atingido o final da titulação, a adição de mais uma gota, causa o aparecimento da cor vermelha.

Uma particularidade a assinalar ainda na utilização deste indicador é que a pequena quantidade de hexacianoferrato(II) que é impureza do hexacianoferrato (III) de potássio é suficiente para se constituir o sistema oxi-redutor hexacianoferrato (II) - (III) e para a viragem ser observável com nitidez. Por isso se adiciona à solução a titular apenas uma solução de hexacianoferrato(III) em lugar da mistura hexacianoferrato(II) - hexacianoferrato(III), que é imprescindível no caso de outros indicadores.

A aplicação desta técnica complexométrica de doseamento do alumínio empregando o fluoreto pode apresentar o inconveniente, no caso de outros produtos siliciosos, de uma viragem mais difícil de detectar visualmente na presença de grandes quantidades de cálcio, devido ao precipitado de CaF_2 que se forma. Contudo, nas argilas, não se verifica esta interferência. É de observar porém que o método não se pode utilizar na presença de fluoretos. O precipitado de fosfato de zircónio que pode aparecer quando se trate de materiais que contenham este elemento parece não ser de influência considerável [10].

Este método tem ainda um aspecto interessante, que consiste na facilidade com que se poderá modificar de forma a permitir o doseamento do titânio e até o do ferro (este por diferença). Na realidade será suficiente, em lugar de, no início, se titular conjuntamente o EDTA adicionado em excesso e o libertado do complexo do titânio, efectuar uma primeira titulação daquele excesso e, depois da junção do ácido tartárico e do fosfato de amónio, dosear o EDTA correspondente ao titânio. Continuar-se-á depois, como se descreveu, com o doseamento do alumínio.

Para se obter o teor em ferro bastará dosear o conjunto Fe + Ti + Al = T, deduzir do EDTA adicionado o correspondente ao excesso, e calcular em seguida T — Al — Ti. Mais pormenorizadamente deverá adicionar-se EDTA em excesso e determinar este excesso, o que permite calcular o total de EDTA dispendido na complexação; proceder-se-á em seguida ao doseamento do alumínio e titânio, tal como se disse, calculando-se o EDTA correspondente a cada um deles e, por diferença, o consumido com o ferro. O processo, embora não tenha sido experimentado neste estudo, parece prometedor para os casos em que se pretenda fazer ràpidamente uma ideia dos teores de óxidos de titânio, alumínio e ferro e terá tanto maior interesse quanto maiores esses teores.

Embora evidente, não deixará de ser útil apontar que os agentes aqui denominados «descomplexantes» não são outros senão os que, numa titulação directa, se designariam por «sequestradores» (masking), pois a sua acção nos dois casos se baseia na possibilidade de formarem com os iões em causa complexos mais estáveis que os correspondentes ao EDTA. A única diferença consiste em que, na titulação directa, estes reagentes seriam adicionados antes do EDTA para evitar que os iões metálicos respectivos fossem complexados por este e interferissem na determinação que interessa.

8.3 — Ensaios efectuados

Efectuaram-se inicialmente ensaios para a escolha de indicador. Os resultados dos doseamentos de alumina em 5 argilas com os dois indicadores mencionados mostraram-se concordantes, como se pode verificar no quadro III. Contudo considera-se mais fàcilmente detectável a viragem da ditizona. Nos ensaios de comparação entre os métodos complexométrico e gravimétrico utilizou-se por isso este indicador.

Recentemente experimentou-se um novo indicador, o alaranjado de xilenol, que é muitas vezes indicado na literatura para titulações análogas. As viragens são também fàcilmente detectáveis e os resultados dos ensaios concordam com os obtidos com a ditizona.

QUADRO III

Teores em alumina determinados com diferentes indicadores (%)

Amostra	Ditizona	Dimetilnaftidina	Δ
1	26,76	26,51	+ 0,25
2	25,49	25,49	0,00
3	32,25	32,32	— 0,07
4	35,48	35,28	+ 0,20
5	32,63	32,63	0,00

A aplicação do método descrito, cuja técnica se indica em anexo, a 6 argilas forneceu os resultados que figuram no quadro 4, onde se indicam igualmente os valores determinados para as mesma amostras pelo processo gravimétrico.

QUADRO IV — Teores em alumina (%)

Amostra	Complexometria (c)	Gravimetria (g)	Δ (c — g)
1	26,76	27,38	— 0,62
2	25,49	25,88	— 0,39
3	32,25	32,17	+ 0,08
4	35,48	36,16	— 0,68
5	32,63	32,32	+ 0,31
6	36,01	26,16	— 0,15

Pode verificar-se que na maior parte dos casos os resultados complexométricos são inferiores aos gravimétricos. Em dois em que se encontraram diferenças maiores fez-se a confirmação de que são os valores gravimétricos que se devem considerar menos correctos, o que era de esperar pelas razões indicadas quando se apontaram as causas de erro do processo gravimétrico (no quadro figuram já, para essas amostras, 2 e 3, os valores gravimétricos corrigidos).

9 — DOSEAMENTO DO CÁLCIO E DO MAGNÉSIO

9.1 — Os processos clássicos e complexométricos

Na marcha de análise seguida anteriormente começava-se por separar o grupo dos hidróxidos em parte alíquota do filtrado obtido após eliminação da sílica. No filtrado resultante procedia-se depois à precipitação do cálcio com oxalato de amónio em meio amonical e à titulação do oxalato de cálcio, prèviamente dissolvido, por permanganometria.

No filtrado proveniente da separação do oxalato de cálcio, efectuava-se a precipitação do magnésio com fosfato de amónio, operação que exige um repouso de precipitado muito prolongado e, muitas vezes, 2 precipitações, concluindo-se a determinação por calcinação e pesagem do pirofosfato de magnésio.

Esta síntese do processo, apesar de não citar várias operações a efectuar, como concentrações, lavagens de precipitados, etc., já sugere a morosidade com que se realiza, que aliás é bem conhecida.

Os fundamentos dos métodos agora empregados já estão suficientemente vulgarizados, pelo que, na exposição a seguir, se mencionam apenas quaisquer particularidades que apresentem.

Faz-se o doseamento do cálcio em presença do calcon e o do total cálcio-mais-magnésio, em presença de azul de metil-timol, determinando-se o magnésio por diferença.

No caso presente a técnica complexométrica é aplicada directamente ao filtrado proveniente da separação da sílica, sem precipitação dos hidróxidos, pois se efectua a «sequestração» prévia dos iões interferentes com ácido tartárico ou trietanolamina.

Utilizou-se como indicador para o doseamento do total cálcio + magnésio o azul de metiltimol, que parece sofrer menor número de influências perniciosas que o negro de eriocromo T. Para o doseamento do cálcio, na falta de calceína que, segundo consta da literatura, será o indicador que oferece melhores condições (*) e era referido no processo original [5], usou-se o calcon.

Como, para a aplicação destes métodos complexométricos, apenas há que, obtido o filtrado da sílica, efectuar duas titulações, é por demais evidente a economia de tempo que se consegue em relação aos processos gravimétricos. Assim, pode aproveitar-se uma fracção do tempo economizado, para melhorar a precisão dos resultados obtidos efectuando 2 ou mesmo 3 titulações e determinando a média dos valores encontrados. Esta possibilidade, aliás, é uma das vantagens que os métodos complexométricos oferecem, pela sua rapidez, em relação aos métodos clássicos, cuja precisão de resultados podem assim atingir ou superar, consoante os casos. A utilização de uma semimicrobureta será também de aconselhar.

9.2 — Ensaios efectuados

9.2.1 — Doseamento do óxido de cálcio

Das 25 argilas analisadas apenas uma continha cálcio e numa quantidade muito elevada

(*) Ensaios efectuados posteriormente confirmaram esta indicação. A viragem dá-se de verde amarelado fluorescente para rosa. A mistura deste indicador com timolflaleína, leva a uma viragem de verde a violeta que é ainda mais nítida.

CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, LDA.

PRAÇA DO MUNICÍPIO, 13-3º TELEF. 366506 LISBOA 2

DELEGAÇÕES: CABO VERDE · ANGOLA · MOÇAMBIQUE

EMPRESA TERMOELÉCTRICA PORTUGUESA

Ensecadeiras para execução da tomada de água da Central do Carregado.

CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, LDA.

PRAÇA DO MUNICÍPIO, 13-3º TELEF. 366506 LISBOA 2

DELEGAÇÕES: CABO VERDE · ANGOLA · MOÇAMBIQUE

COMPANHIA DOS CIMENTOS DE LEIRIA – Edifício da ensacagem, nas instalações da Maceira (LIS).

PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA • FUNDAÇÕES ESPECIAIS

OBRAS MARÍTIMAS E PORTUÁRIAS • PONTES E VIADUTOS

CONSTRUÇÕES CIVIS • CONSTRUÇÕES INDUSTRIAIS

(28,72 %) motivo porque nada se pode dizer dos resultados, a não ser que em produtos afins eles são de boa precisão.

9.2.2 — Doseamento do óxido de magnésio

Doseou-se o óxido de magnésio nas 25 argilas em estudo, cujos teores iam de 0,40 % a 1,13 %, contendo uma 3,02 % do mesmo óxido.

O desvio experimental calculado a partir dos resultados de 24 ensaios em duplicado — $s_{24} = \pm 0{,}045\,\%$ —, e a diferença máxima entre duplicados, $d = 0{,}20\,\%$, encontrada apenas uma vez, permitem concluir da sua boa reprodutibilidade. Os valores indicados são absolutos.

10 — DOSEAMENTO DO ÓXIDO DE MANGANÊS

10.1 — Resumo do processo absorciométrico

No método de determinação do óxido de manganês apenas foi introduzida, em relação a métodos já usados para produtos congéneres, uma alteração: leitura por meio de absorciómetro em lugar da comparação visual com os termos da escala padrão. O método torna-se assim mais sensível e preciso.

Em resumo, consta da oxidação do manganês pelo periodato de potássio, leitura da densidade óptica da solução de permanganato obtida e determinação do teor em óxido de manganês a partir da curva de calibragem respectiva. O desenvolvimento da cor efectua-se em toma directa do filtrado proveniente da separação da sílica havendo apenas que proceder à expulsão dos cloretos, o que se consegue por acção de ácido nítrico ou mistura nitro-sulfúrica à temperatura de ebulição.

10.2 — Ensaios efectuados

O método descrito em anexo foi aplicado às 25 argilas de que se tem falado e verificou-se que estas não continham manganês. Não é por isso possível concluir da reprodutibilidade dos resultados, embora, como é lógico e em face da natureza das modificações introduzidas, se suponha que seja boa e melhor que a obtida por comparação visual.

11 — ESQUEMA GERAL DE ANÁLISE

Para comparação com o esquema de análise apresentado no início, a fig. 2 mostra o actualmente estabelecido.

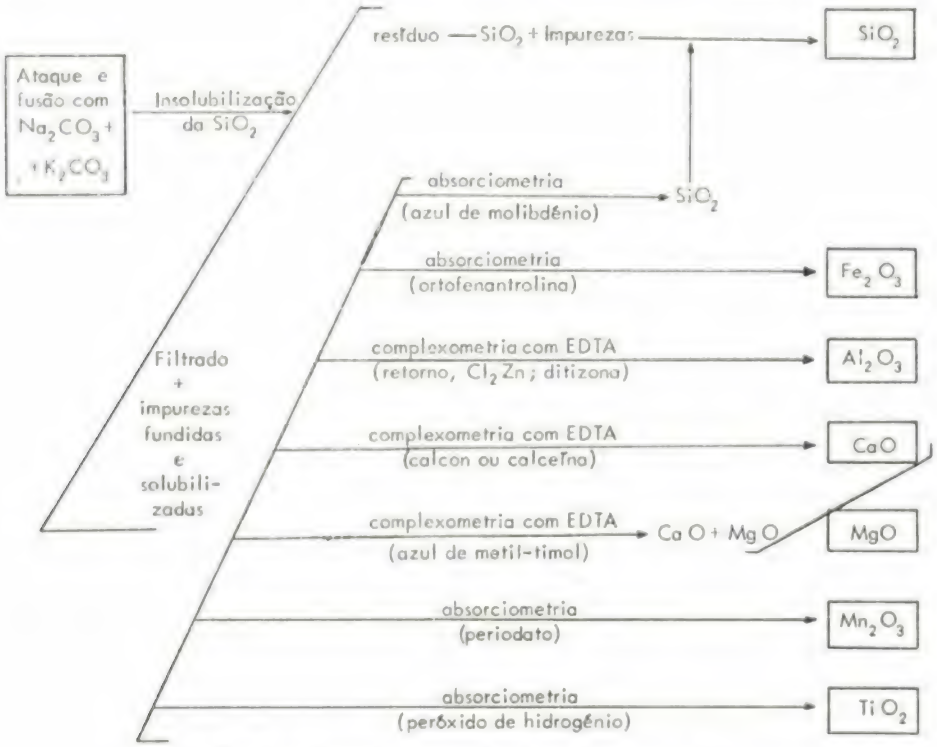


Fig. 2 — Esquema da marcha de análise estudada

Como se pode verificar há uma série de operações eliminadas, particularmente nos casos dos óxidos de cálcio, magnésio e alumínio. Por outro lado a insolubilização e separação da sílica tornou-se muito menos demorada e, por consequência, o mesmo sucedeu às outras determinações. O tempo total de análise encontra-se por este motivo muito reduzido e o mesmo se dirá se se considerar cada uma das determinações isoladas, pois que a única operação mais demorada será a insolubilização da sílica e recuperação das impurezas que esta arrasta. Em alguns casos, em que não se necessite conhecer o teor em sílica, poderá encurtar-se ainda o tempo de realização de certas determinações isoladas se se fizer um ataque fluorídrico que a elimine. Contudo, e além de não ser possível para todas as determinações, não tem interesse de maior no caso presente, visto que se pretende conhecer aquele teor.

12 — CONCLUSÕES

Dos ensaios efectuados e do que atrás se expôs infere-se que os métodos de análise apresentados são de técnica fácil, levam a resultados de boa precisão e têm a enorme vantagem de serem, na sua maioria, muito mais rápidos. Estas qualidades, de grande interesse em qualquur caso, revestem-se de excepcional importância no caso de controle industrial.

No estudo efectuado encarou-se principalmente o caso de se pretender efectuar um conjunto de determinações referentes a componentes cujos teores se necessita frequentemente conhecer. Contudo a simplicidade do esquema de análise é tão grande que, mesmo na hipótese de se desejar apenas uma determinação, sòmente em alguns casos haverá possibilidade de reduzir ainda o tempo de análise, como se apontou, fazendo por exemplo um ataque diferente.

No decorrer da exposição sugeriram-se, sempre que opurtuno, possíveis modificações dos métodos em casos particulares e alterações de pormenor que poderão ser retomadas em estudos futuros.

Em anexo descrevem-se os métodos de análise estudados.

BIBLIOGRAFIA

[1] — G. Charlot — «Les Méthodes de la Chimie Analytique» — Masson et Cie, Paris 1961.

[2] — Norma Din 51 070

[3] — Debras — Guedon — «Une Nouvelle Méthode d'Analyse des Silico-Alumineux» — L' industrie céramique, n.º 555, Setembro 1963.

[4] — West and Sykes — «Analytical Aplications of Diamino - Ethane-Tetraacetic Acid» — England

[5] — I.A. Voinovitch, Debras-Guedon et Louvrier — «L'Analyse des Silicates» — Herman — Paris — 1962.

[6] — Comprehensive Analytical Chemistry — vol I B — — Elsvier Publishing Company — Amsterdan, London, New York, Princeton 1960.

[7] — Métodos de análise química de escórias de alto forno e de cimentos de escórias — obra 24 114 — 2.º relatório parcial.

[8] — Bennett, H; Reed, R.A. — «A Coagulation Method for Determining Silica (Whithout Dehydration) in Silicate Materials» — The Analyst, 92, n.º 1906, Julho 1967.

[9] — Odler, I; Bizon, P. — «Möglichkeiten einer schnellen und genauen Zement Analyse». Zement-Kalk--Gips, 20 (1967), 325.

[10] — Zalessky, Z.; Voinovitch, I.A. — Ind. Céram, 532 Julho-Agosto (1961).

ANEXO

ESPECIFICAÇÕES DOS MÉTODOS DE ANÁLISE

ARGILAS

(Matérias primas e produtos acabados de cerâmica)

A — Doseamento da sílica

1 — RESUMO DO PROCESSO

a) Efectua se uma fusão alcalina e a insolubilização da sílica em presença de ClH e pesa-se o resíduo calcinado. Volatilizada a sílica, a perda de peso do resíduo permite o cálculo da percentagem da maior parte da sílica.

b) No filtrado da insolubilização, adicionado do resíduo obtido anteriormente após fusão, determina-se a sílica remanescente por absorciometria, utilizando o processo das curvas de calibragem. O desenvolvimento da cor dá-se por adição de molibdato de amónio, determinando-se a densidade óptica da solução em

referência à da solução inicial adicionada de todos os reagentes mas em que se inibiu a formação do silico-molibdato.

2 — APARELHOS ESPECIAIS

- Cápsulas de platina de 70 cm^3.
- Absorciómetro ou espectrofotómetro que permita a realização do ensaio.
- Exsicador com P_2O_5 ou $Mg(ClO_4)_2$

3 — REAGENTES

— *Solução de sulfato de amónio e ferro (III)*

— Juntam-se a 100 g de $NH_4 . Fe(SO_4)_2 . 12 H_2O$ 300 cm^3 de HCl (d=1,19) e leva-se a 1000 cm^3.

— *Solução de molibdato de amónio* — Dissolvem-se 200 g de $(NH_4)_6Mo_7O_{24} . 4H_2O$ em água destilada e levam-se a 1000 cm^3.

— *Solução de ácido oxálico* — Dissolvem-se 100 g de $H_2C_2O_4 . 2 H_2O$ em água destilada e levam-se a 1000 cm^3.

— *Solução de sulfato de ferro (II)* — A 10 g de $FeSO_4 . 7 H_2O$ adicionam-se 4 gotas de H_2SO_4 (1 : 1) e leva-se a 100 cm^3 com água destilada. Esta solução deve preparar-se na altura.

Solução reserva de sílica, a 0,5 mg. cm^{-3} — Em cadinho de platina fundem-se 0,25 ± 0.0005 g de quartzo puro com 5 g de Na_2CO_3 isento de água. Retoma-se a massa fundida com aproximadamente 300 cm^3 de água a que se adicionaram cerca de 20 g de NaOH, para um copo de plástico. A solução deve ser levada a 500 cm^3 a 20° C, em balão graduado. Depois de homogeneizada transfere-se a solução para frasco de polietileno.

— *Solução padrão de sílica* — a 0,04 mg. cm^{-3} — Diluem-se 20 cm^3 da solução reserva até se perfazerem 250 cm^3. Esta solução deve preparar-se na ocasião de utilização.

4 — TÉCNICA

4.1 — *Ensaio testemunha* — Paralelamente à determinação executa-se um ensaio testemunha.

4.2 — *Insolubilização da maior parte da sílica* — Toma-se 1 grama de amostra em cápsula de platina e procede-se como é habitual, efectuando a fusão com Na_2CO_3 ou $Na_2CO_3 + K_2CO_3$ e insolubilizando uma só vez. O filtrado, adicionado do resíduo da volatilização da sílica fundido com pirossulfato — ou de preferência com tetraborato de sódio se se pretender dosear sulfatos — e solubilizado, é levado a 250 cm^3 em balão graduado (*solução A*).

4.3 — *Doseamento absorciométrico da sílica remanescente*

Da solução A retiram-se 2 tomas de 10 cm^3 introduzindo-se cada uma delas num balão graduado de 100 cm^3. Adiciona-se, em cada um, uma gota de fenolftaleína e, por adição de NH_4OH (d=0,9) gota a gota, leva-se a viragem a vermelho. Juntam-se imediatamente 5 cm^3 de solução de sulfato de amónio e ferro (III).

A uma das soluções (B) adicionam-se 5 cm^3 da solução de molibdato de amónio e deixa-se repousar durante 20 minutos. Deve ignorar-se qualquer pequena turvação, que desaparecerá posteriormente ao adicionar-se ácido oxálico Seguidamente juntam-se 20 cm^3 da solução de ácido oxálico (a solução deve ficar límpida) e depois 1 cm^3 de solução de sulfato de ferro (II).

Perfazem-se os 100 cm^3 com água destilada, à temperatura de 20 °C.

A solução contida no segundo balão (C), e que vai funcionar como solução de referência, é adicionada de 20 cm^3 de solução de ácido oxálico e deixa-se repousar durante 20 minutos. Em seguida juntam-se sucessivamente 5 cm^3 de solução de molibdato de amónio e 1 cm^3 da solução de $FeSO_4$(II).

Perfazem-se os 100 cm^3 com água destilada a 20 °C.

Mede-se a densidade óptica da solução B, tomando como referência a solução C, a uma temperatura de 20 °C ± 2 °C, a um comprimento de onda de 810 nm e empregando células de 1 cm.

Determina-se a partir da curva de calibragem a quantidade de sílica existente no balão de 100 cm^3.

4.4 — *Traçado da curva de calibragem*

Tomam-se, para 7 balões graduados de 100 cm^3, 7 partes alíquotas do filtrado, possìvelmente isento de sílica, de 5 cm^3 cada uma. Uma destas soluções vai servir de solução de referência para a medida das densidades ópticas. As restantes são adicionadas de 0, 1, 2, 3, 4 e 5 cm^3 de solução padrão de sílica e tratadas como se diz em 4.3.

A cada uma das leituras obtidas deve subtrair-se a leitura correspondente à solução não adicionada de solução padrão (termo 0 da escala).

Constrói-se a curva de calibragem marcando em abcissas as quantidades de sílica introduzidas no balão expressas em mg, e em ordenadas as correspondentes densidades ópticas corrigidas.

5 — CÁLCULO E EXPRESSÃO DOS RESULTADOS

5.1 — *Sílica insolubilizada*

Exprime-se em percentagem e calcula-se pela expressão

$$A = \% \, SiO_2 = \frac{m_1 - m_2}{m} \, 100$$

sendo m, m_1 e m_2 as massas, respectivamente, do provete inicial, do resíduo da insolubilização calcinado e do resíduo após volatilização, todas expressas em gramas.

5.2 — *Sílica remanescente*

Exprime-se também em percentagem e calcula-se a partir da expressão

$$B = \% \, SiO_2 = \frac{5 \cdot l}{m}$$

onde *l* é a massa de sílica existente no balão de 100 cm³ determinada na curva de calibragem expressa em mg e *m* a massa do provete inicial expressa em gramas.

5.3 — *Silica total*

Exprime-se em percentagem e calcula-se efectuando

$$A + B$$

6 — OBSERVAÇÕES

1 — O processo não é aplicável em presença de quantidades de fluor que originem resultados sensìvelmente baixos, por formação de SiF_4 que é volátil.

2 — Quando houver um componente difìcilmente atacável, por exemplo, corindo, não poderá utilizar-se a fusão com Na_2CO_3 mas sim com mistura de carbonatos de sódio e potássio e tetraborato de sódio.

3 — O método é aplicável para matérias primas e produtos acabados até 100 % de SiO_2 e com teores em Al_2O_3 inferiores a 45 %.

4 — Desvios admissíveis (segundo Norma DIN 51070).

Teor em SiO_2 %	Desvio admissível em relação a um produto de teor conhecido (absoluto) %	Diferença entre extremos de *n* determinações isoladas (absoluto) %	
		n = 2	n = 4
> 10	± 0,2	0,28	0,38
10 a 50	± 0,4	0,56	0,76
> 50	± 0,5	0,70	0,95

B — Doseamento do ferro total

(Matérias primas e acabadas de cerâmica)

1 — RESUMO DO PROCESSO

Eliminada a maior parte da sílica após fusão do provete inicial, leva-se uma parte alíquota do filtrado a pH 3,5 que se conserva por adição de tampão adequado.

Adicionado cloreto de hidroxilamónio, provoca-se o desenvolvimento da cor por junção de ortofenantrolina. Determina-se a densidade óptica da solução e, a partir da curva de calibragem, o teor em Fe_2O_3.

2 — APARELHOS ESPECIAIS

Absorciómetro ou espectrofotómetro.

3 — REAGENTES

a) Solução tampão — Adicionam-se 12 cm³ de ácido acético cristalizável a 28 g de acetato de sódio. Dilui-se a 100 cm³ em balão graduado.

b) Solução de cloreto de hidroxilamónio a 10 % — Disolvem-se 10 g em 100 cm³ de água. Esta solução não deve utilizar-se durante mais que uma semana.

c) Solução de ortofenantrolina a 0,25 %, contendo 2 gotas de H_2SO_4 (d=1,83) por cada 100 cm³. Deve guardar-se em frasco escuro.

d) Solução padrão de ferro — Em balão graduado de 1000 cm³ dissolvem-se 1,0923 g de sulfato ferroso amonical (sal de Mohr) em cerca de 100 a 150 cm³ de água destilada adicionada de 20 cm³ de H_2SO_4 (d = 1,83). Completa-se aquele volume.

Retiram-se 100 cm³ para balão graduado de 1000 cm³, perfazendo-se este volume com água destilada.

1 cm³ desta solução corresponde a 0,02 mg de FeO.

4 — TÉCNICA

4.1 — Executa-se um ensaio testemunha paralelamente à determinação.

4.2 — Do filtrado *A* obtido após separação da maior parte da sílica (ver doseamento da sílica em argilas) retira-se uma toma que não contenha mais de 0,4 mg de FeO, a fim de que possa utilizar-se a curva construída tal como se indica adiante, o que corresponde a 5 cm³ para teores até 2 %. Para teores superiores a 3 %, em vez da construção de uma curva mais prolongada, deverá fazer-se uma toma do filtrado *A*, diluir-se a volume conveniente e proceder-se depois numa parte alíquota desta solução diluída.

Introduz-se o líquido retirado em balão graduado de 100 cm³ e adicionam-se, sucessivamente

— 40 cm³ de solução tampão

— 2 cm³ de solução de cloreto de hidroxilamónio e

— 10 cm³ ortofenantrolina.

Perfaz-se o volume de 100 cm³ e, após uma hora, determina-se a densidade óptica em relação à solução do ensaio testemunha, num comprimento de onda de 510 nm.

Utilizam-se células de 2 cm de espessura e no caso de usar um aparelho de filtros, um filtro verde.

5 — TRAÇADO DA CURVA DE CALIBRAGEM

Tomam-se para balões de 100 cm³ os seguintes volumes, todos em cm³, de solução padrão: 0-2-5-10-15 e 20

Aplica-se a técnica descrita em 4.2 a partir do momento em que se retirou a parte alíquota de solução.

Estabelece-se a curva densidade óptica-quantidade de FeO existente no balão de 100 cm³.

6 — CÁLCULO E EXPRESSÃO DOS RESULTADOS

a) O teor em óxido de ferro (FeO) exprime-se em percentagem e calcula-se a partir da expressão

$$\% \, FeO = 100 . \frac{A}{m}$$

onde é

A — a quantidade de FeO existente no balão 100 cm³, expressa em mg (leitura da curva de calibragem) e

m — a massa do provete correspondente à parte alíquota introduzida no balão de 100 cm³, expressa em mg.

No caso presente m = 2 V, sendo V o volume da referida parte alíquota expresso em cm³.

b) Caso se pretenda o resultado expresso em Fe_2O_3, deverá empregar-se a relação

$$\% \text{ de } Fe_2O_3 = \% \, FeO \times 1{,}11$$

7 — OBSERVAÇÕES

a) Caso se pretenda o doseamento do ferro ferroso apenas deverá efectuar-se um ataque em condições não oxidantes e, ao desenvolver-se a cor, omitir a adição de cloreto de hidroxilamónio.

b) O ferro existente inicialmente sob a forma férrica poderá determinar-se por diferença entre o ferro total e o ferro ferroso.

c) Se não se dispuser do filtrado da separação de sílica ou se se pretender apenas a determinação do ferro poderá efectuar-se um ataque nítrico-fluorídrico.

C — Determinação do teor em óxido de titânio

1 — RESUMO DO MÉTODO

Eliminada a maior parte de sílica após fusão do provete inicial, adicionam-se a uma parte alíquota do filtrado ácidos sulfúrico e fosfórico. Mede-se a densidade óptica da solução corada que se obtém por adição de peróxido de hidrogénio e determina-se, a partir de uma curva de calibragem, o teor em óxido de titânio.

2 — REAGENTES

a) Amónia d = 0,880.

b) Ácido sulfúrico (1:3).

c) Solução de peróxido de hidrogénio, H_2O_2, a 6 % (20 volumes).

d) Solução padrão de titânio — Misturam-se 4,5 g de oxalato de titânio e potássio $(K_2 Ti O (C_2O_4)_2 . 2 H_2O)$, 8 g de sulfato de amónio e 50 cm³ de ácido sulfúrico (d = 1,82). Aquece-se a mistura até à ebulição que se mantém durante 10 a 15 minutos. Depois de arrefecida, a solução é diluída a 1 000 cm³.

Determina-se o seu título exacto doseando o titânio gravimètricamente numa parte alíquota de 50 cm³, para o que se procede a uma precipitação com amónia, seguida de filtração, lavagem, calcinação e pesagem do precipitado obtido.

O equivalente em óxido de titânio da solução expresso em mg.cm⁻³ é dado por $E = \frac{M}{50}$ onde M é a massa do resíduo calcinado, expressa em mg.

e) Ácido fosfórico d = 1,71.

3 — APARELHOS ESPECIAIS

Absorciómetro ou espectrofotómetro.

4 — TÉCNICA

Efectua-se um ensaio testemunha de todos os reagentes.

Tomam-se do filtrado A obtido após eliminação da sílica (ver doseamento da sílica) duas partes alíquotas de 25 cm³, uma das quais se destina a servir de solução de referência na determinação da densidade óptica, e introduzem-se em balões de 100 cm³. Adicionam-se, em ambos os balões, 25 cm³ de ácido sulfúrico e 10 cm³ de ácido fosfórico, dilui-se a cerca de 95 cm³ e arrefece-se. Adicionam-se 5 cm³ de peróxido de hidrogénio só a um dos balões, e completa-se o volume de ambos até ao traço.

Mede-se a densidade óptica da solução que foi adicionada de peróxido tomando como solução de referência a não adicionada e utilizando célula de 1 cm de espessura e um filtro azul (Ilford 601), no caso de absorciómetro, e o comprimento de onda de 410 nanómetros, no caso de espectrofotómetro.

Lê-se na curva de calibragem a quantidade de TiO_2 existente no balão de 100 cm³ correspondente à densidade óptica determinada.

Em casos de densidade óptica muito pequena poderá utilizar-se uma célula de maior espessura, convindo dispor-se de uma curva de calibragem traçada nessas condições.

5 — TRAÇADO DA CURVA DE CALIBRAGEM

Para 2 séries, uma das quais se destina a obter as soluções de referência, de balões de 100 cm³ tomam-se os seguintes volumes de solução padrão: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 cm³, que correspondem a E × V mg de TiO_2 (V será cada um dos volumes indicados).

Adicionam-se a todos os balões 25 cm³ de ácido sulfúrico e 10 cm³ de ácido fosfórico e, a cada um dos balões de uma das séries, 5 cm³ de peróxido de hidrogénio. Perfaz-se o volume de 100 cm³ em todos os balões e determinam-se as densidades ópticas das soluções que foram adicionadas de peróxido em relação às correspondentes que não foram adicionadas.

Constrói-se a curva densidade óptica — quantidade de TiO_2 existente no balão (em mg).

6 — APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Apresentam-se em percentagem, e calculam-se a partir da expressão

$$\% \, TiO_2 = 100 \frac{A}{m}$$

onde *A* é a quantidade de TiO_2 existente no balão de 100 cm³ expressa em mg, (leitura da curva de calibragem) e *m* a massa do provete correspondente à parte alíquota do filtrado A que se tomou, expressa também em mg. No caso de 25 cm³ retirados do balão de 250 cm³ e de provete de 1 g, a percentagem de TiO_2 será dada por

$$\% \, TiO_2 = A$$

D — Doseamento da Alumina

1 — RESUMO DO MÉTODO

Eliminada a maior parte da sílica, complexam-se com EDTA em excesso, num meio de pH adequado e em presença de ácido tartárico e fosfato de amónio, os iões Fe^{3+} e Al^{3+}. Doseia-se o EDTA em excesso com cloreto de zinco, utilizando como indicador a ditizona. Adiciona-se fluoreto de sódio e executa-se uma nova titulação com o mesmo reagente. A diferença dos volumes de cloreto de zinco permite o cálculo do teor em alumina.

2 — REAGENTES

a) Solução de EDTA 0,025 M (ou 0,05 M) (sal dissódico).

b) Vermelho de metilo a 0,02 % em água.

c) Solução tampão pH = 5 a 6 — A 500 g de acetato de amónio adicionam-se 20 cm³ de ácido acético cristalizável. Dissolvem-se em água e perfazem-se 1000 cm³.

d) Álcool etílico a 95° C.

e) Ditizona a 0,025 % em álcool — Esta solução só deve ser usada até 48 horas após a preparação. Em vez desta solução pode utilizar-se uma solução a 0,1 % de alaranjado de xilenol.

f) Solução de cloreto de zinco 0,05 M — Pesam-se 3,2690 g de zinco de elevada pureza, em granalha, e dissolvem-se em 8 a 10 cm³ de HCl (d = 1,16). Leva-se a 1000 cm³ com água destilada.

g) Ácido tartárico a 2 %, em água destilada.

h) Solução saturada de fluoreto de sódio ou seja a 4 %

i) Solução de fosfato de amónio biamoniacal a 10 % em água destilada, adicionada de 20 cm³ de ácido clorídrico por 500 cm³ de solução.

3 — TÉCNICA

Do filtrado A (ver doseamento de sílica em argilas) obtido após eliminação da maior parte de sílica, retira-se uma parte alíquota que contenha de 10 a 60 mg de Al_2O_3 (25 a 50 cm³).

Adiciona-se complexona (EDTA) em excesso, atendendo a que 1 cm³ de EDTA 0,5 M complexa 2.549 mg de Al_2O_3, 4 mg de Fe_2O_3 e 4 mg de TiO_2. Adiciona-se solução tampão, em presença de uma gota de vermelho de metilo, até à neutralização e mais 20 cm³.

Leva-se à ebulição durante alguns minutos, juntam-se 10 cm³ de solução de ácido tartárico e 5 cm³ da solução de fosfato de amónio e continua-se a ebulição durante 3 minutos.

Arrefece-se ràpidamente, junta-se álcool etílico até dobrar o volume e depois 2 a 3 cm³ da solução de ditizona. De uma bureta adiciona-se cloreto de zinco 0,05 M até viragem a vermelho nítido.

Juntam-se 30 cm³ de solução de fluoreto de sódio e leva-se à ebulição durante 3 mn para libertar o alumínio. Arrefece-se ràpidamente e executa-se nova titulação até estabilidade de coloração, após adição de um pouco de álcool etílico e 1 a 2 cm³ de solução de ditizona.

— Se se utilizar como indicador o alaranjado de xilenol omitem-se as adições de álcool.

4 — CÁLCULO E EXPRESSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados exprimem-se em percentagem e calculam-se a partir da expressão

$$\% \, Al_2O_3 = 0{,}2549 \times \frac{(V_2 - V_1)}{m} \times \frac{V_4}{V_3}$$

sendo

V_2 e V_1 os volumes de $ZnCl_2$, expressos em cm³, gastos até à segunda e primeira viragem, respectivamente;

V_3 — O volume da parte alíquota retirada do filtrado A, em cm³

V_4 — O volume do filtrado A, em cm³

m — a massa do provete inicial, em gramas.

No caso de provete de 1 g, e de 25 cm³ retirados de balão de 250 cm³ a expressão transforma-se em:

$$\% \, Al_2O_3 = 2{,}549 \, (V_2 - V_1)$$

5 — OBSERVAÇÕES

1 — Deve evitar-se a adição de $ZnCl_2$ em quantidade excessiva, quando da primeira titulação.

2 — Para titular o $ZnCl_2$, se for necessário, utiliza-se uma solução padrão de $AlCl_3$, obtida dissolvendo a quente 1,349 g de alumínio metálico a 99,99 % em 10 cm³ de HCl (d = 2,19) e perfazendo 1000 cm³.

3 — Pode utilizar-se como indicador das titulações o sistema de Brown e Hayes. Indicam-se a seguir os reagentes e técnica respectivos.

3.1 — *Reagentes*

a) Solução de naftidina: Dissolvem-se 0,075 g de 3,3' dimetilnaftidina em 100 cm³ de ácido acético glacial.

b) Solução de hexacianoferrato (III) de potássio — 0,2 g de $K_3[Fe(CN)_6]$ em 100 cm³ de água.

3.2 — *Técnica*

Após a adição do fosfato de amónio adicionam-se 2 cm³ da solução de naftidina, depois do que se leva à

ebulição que se mantém por 5 minutos. À solução quente junta-se 1 cm^3 de solução de hexacianoferrato (III) de potássio e arrefece-se ràpidamente.

Procede-se à primeira titulação com cloreto de zinco até viragem a vermelho (framboesa).

Adiciona-se o NaF, leva-se à ebulição durante 3 minutos e junta-se 1 cm^3 da solução de hexacianoferrato (III) de potássio.

Executa-se a segunda titulação.

E — Doseamento do óxido de cálcio

1 — RESUMO DO MÉTODO

Eliminada a maior parte da sílica, doseia-se volumètricamente com EDTA, e em meio de pH adequado, uma parte alíquota do filtrado, em presença de ácido tartárico e glicerina e usando como indicador o calcon (ou calceína).

2 — REAGENTES

a) Ácido tartárico a 2 %

b) Glicerina 1 : 1 em água destilada.

c) Calcon - mistura sólida a 1 % em Na Cl, finamente pulverizada. Convém conservar em frasco escuro.

d) Solução de EDTA 0,025 M (ou 0,01 M) — Usar EDTA seco a 80° até peso constante.

e) Hidróxido de potássio — 4 N.

f) Indicador de calceína + timolftaleína — Mistura sólida de 0,2 g de calceína, 0,12 g de timolftaleína e 20 g de cloreto de potássio, finamente pulverizada.

3 — TÉCNICA

Retiram-se do filtrado A, obtido após eliminação da maior parte da sílica (ver método de doseamento da sílica em argilas), 25 cm^3 (ou menos e leva-se a 25 cm^3) e juntam-se pela ordem indicada:

— 10 cm^3 de ácido tartárico a 2 %

— 15 cm^3 de glicerina a 1 : 1

— 15 cm^3 de potassa cáustica (O pH deve ficar cerca de 12,5).

Adiciona-se uma pequena quantidade de calcon e titula-se com EDTA, preferìvelmente usando uma semimicrobureta de 10 cm^3, até viragem a azul nítido.

Se se utilizar o indicador de calceína + timolftaleína a viragem dar-se-á de verde para violeta.

4 — CÁLCULO E EXPRESSÃO DOS RESULTADOS

O resultado exprime-se em percentagem e calcula-se a partir da expressão:

$$\% \text{ CaO} = \frac{5{,}608 \times f \times v}{m} \; \frac{V_2}{V_1}$$

sendo:

f — Molaridade da solução de EDTA empregada;

v — Volume de solução de EDTA gasto na titulação, em cm^3.

V_1 e V_2 respectivamente, o volume retirado do filtrado e o volume deste, ambos expressos em cm^3 e

m — a massa do provete inicial, expressa em gramas.

No caso de se utilizar EDTA 0,025 M, provete de 1 g e se retirarem 25 cm^3 de 250 cm^3 do filtrado, a expressão transforma-se em

$$\% \text{ CaO} = 1{,}4 \text{ V}$$

5 — OBSERVAÇÕES

a) No caso de quantidades de CaO inferiores a 1,5 mg na solução a dosear, deverão adicionar-se 5 cm^3 de uma solução a 1 g . dm^{-3} de CaO, os quais serão deduzidos do volume final.

b) Quanto menores as quantidades de Fe e Ti mais nítida é a viragem. Convém que as quantidades presentes destes elementos não excedam respectivamente 12 mg e 10 mg.

F — Doseamento do óxido de magnésio

1 — RESUMO DO MÉTODO

Eliminada a maior parte da sílica executa-se uma titulação do conjunto Ca + Mg com EDTA em parte do filtrado obtido, operando-se em meio tamponado de pH adequado e empregando como indicador o azul de metiltimol. Efectua-se uma titulação do cálcio, em presença de calcon e condições adequadas, e determina-se por diferença o EDTA correspondente ao magnésio existente e daí o teor em óxido de magnésio.

2 — REAGENTES

a) Solução tampão pH = 10 — Em balão graduado de 1 000 cm^3 introduzem-se 54 g de NH_4 Cl e 450 cm^3 de NH_4 OH (d = 0,93). Leva-se a 1 000 cm^3.

b) Trietanolamina 1 : 1

c) Indicador de azul de metiltimol — Mistura-se 0,1 g de azul de metiltimol com 100 g de Cl NH_4 e reduz-se a pó muito fino.

d) Solução de EDTA — 0,025 M ou 0,01 M — Deve utilizar-se EDTA seco a 80 °C até peso constante.

3 — TÉCNICA

a) Do filtrado A obtido após eliminação da maior parte da sílica (ver doseamento da sílica em argilas), retiram-se 25 cm^3 (ou menos e dilui-se a 25 cm^3) e juntam-se 20 cm^3 de solução de trietanolamina, misturando cuidadosamente. Adiciona-se solução tampão até pH 10 e depois um excesso desta solução (cerca de 15 cm^3). Adicionam-se cerca de 100 mg de indicador o que comunicará à solução a cor azul.

De uma bureta adiciona-se EDTA até viragem a violeta (se houver muito Al, Fe, e Ti) ou cinzento esbranquiçado (no caso contrário).